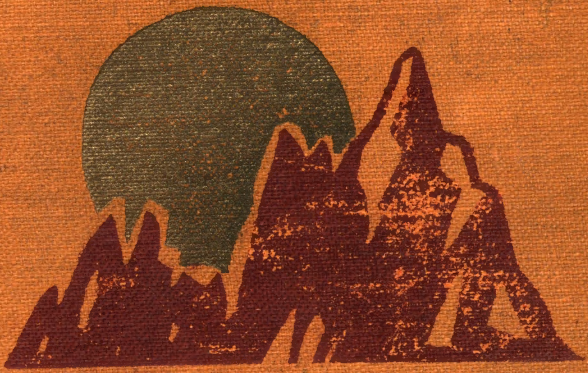


Детская Энциклопедия

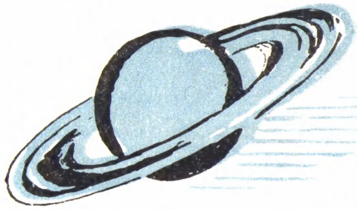
Детская Энциклопедия

ДЛЯ СРЕДНЕГО И СТАРШЕГО ВОЗРАСТА

ТОМ 2

ЗЕМНАЯ КОРА И НЕДРА ЗЕМЛИ

МИР НЕБЕСНЫХ ТЕЛ



Издательство Академии Педагогических Наук РСФСР

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ

Д. Д. БЛАГОЙ, В. А. ВАРСАНОФЬЕВА, Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ, П. А. ГЕНКЕЛЬ, Н. К. ГОНЧАРОВ, А. В. ЕФИМОВ, И. А. КАИРОВ, А. Г. КАЛАШНИКОВ, Л. А. КАССИЛЬ, А. Н. ЛЕОНТЬЕВ, А. Р. ЛУРИЯ, А. А. МАРКОСЯН, А. И. МАРКУШЕВИЧ (главный редактор), С. Я. МАРШАК, В. Ф. НАТАЛИ, М. В. НЕЧКИНА, С. В. ОБРАЗЦОВ, Б. П. ОРЛОВ, О. Н. ПИСАРЖЕВСКИЙ, С. Д. СКАЗКИН, Ф. Д. СКАЗКИН, А. А. СМИРНОВ, В. И. СОБОЛЕВСКИЙ, А. И. СОЛОВЬЕВ, Л. И. ТИМОФЕЕВ, Т. С. ХАЧАТУРОВ, Ю. В. ХОДАКОВ, К. И. ЧУКОВСКИЙ, В. Н. ШАЦКАЯ, Д. А. ЭПШТЕЙН.

* * *

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ 2-го ТОМА

В. А. Варсанофьева, В. И. Соболевский и Б. А. Воронцов-Вельяминов

Заместитель главного редактора ***П. А. Мурин***

Заведующий производственным отделом — заместитель директора издательства ***Л. Р. Свирский***

Заведующий редакцией ***Б. Л. Бараш.*** *Ученый секретарь главной редакции* ***И. М. Аксельрод***

Содержание

ЗЕМНАЯ КОРА И НЕДРА ЗЕМЛИ

ВВЕДЕНИЕ В ГЕОЛОГИЮ

Что изучает геология — В. А. Обручев 17
Строение земного шара — Д. И. Щербаков 20

ЧТО ПРОИСХОДИТ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

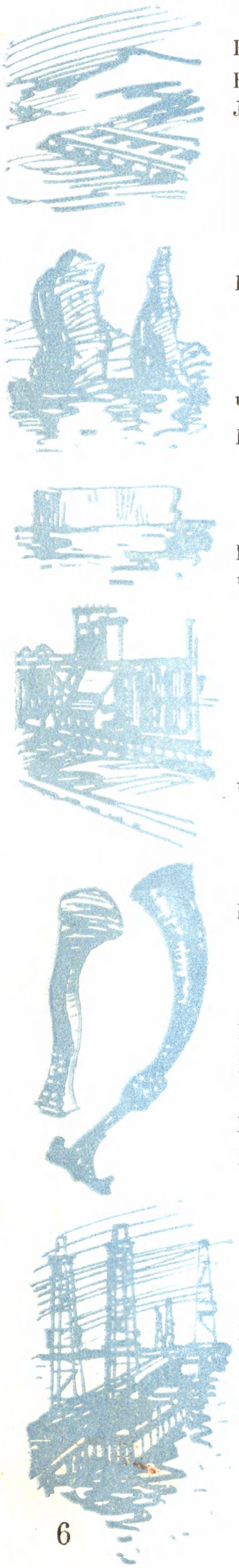
Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

Как действуют вулканы — Е. П. Заварицкая 25
Что такое гейзер — Е. П. Заварицкая 34
Почему бывают землетрясения — Е. Ф. Саваренский 38
  Что происходит при сильных землетрясениях 39
  Где и почему бывают землетрясения 41
  Как изучают землетрясения 41
  Запись землетрясений 42
  Можно ли ослабить вредные последствия землетрясений 43

КАКИЕ СИЛЫ ПРИРОДЫ ДЕЙСТВУЮТ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

Как солнце, воздух, вода и живые организмы изменяют Землю — Г. Г. Астрова 45
Работа рек — Н. П. Костенко 49
Подземные воды — Н. П. Костенко 57
  Где можно видеть подземные воды и их пути 57
  Горные породы — собиратели подземных вод 57
  Круговорот воды в природе 58



Потоки подземных вод в горных породах 60
Значение подземных вод для человека 61
Как ветер изменяет облик Земли — В. А. Обручев 63
Как море создает и разрушает горные породы — А. И. Р а в и к о в и ч . 69
Ледники и их значение в жизни Земли — Н. Н. С о р о к и н а 73

В ЛАБОРАТОРИИ ПРИРОДЫ

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

В мире кристаллов — М. П. Ш а с к о л ь с к а я 79
Строение и свойства кристаллов 80
Кристаллы растут 83
Выращивание кристаллов 85
Что такое минерал — В. И. С о б о л е в с к и й 86
Как из магмы рождаются минералы и горные породы — А. Г. Т и т о в . . 89
Глубинные магматические породы 90
Излившиеся магматические породы 92
Как и где залегают магматические горные породы 95
Как образуются осадочные горные породы — А. Н. П е т р о в с к а я . . . 97
Чудесное превращение осадочных пород (метаморфизм) — Г. П. Б а р с а н о в 101

СОКРОВИЩА НЕДР ЗЕМЛИ

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

Черные металлы — Г. Д. А ж г и р е й. 105
Месторождения руд черных металлов в СССР 106
Как получают металлы из руд 108
Черные металлы — основа нашей промышленности 111
Редкие и рассеянные металлы — З. С. М и х а й л о в а 112
Общие свойства и применение 112
Где в природе встречаются редкие и рассеянные металлы 115
Как производят поиски месторождений урана 118
Благородные и цветные металлы — Г. Д. А ж г и р е й 120
Неметаллические полезные ископаемые — В. И. С о б о л е в с к и й . . 127
Наши алмазы и бриллианты 134
Как образуется и как используется торф — Н. Г. Ш к л я р 136
Как образуются подземные склады угля — Г. Ф. К р а ш е н и н н и к о в 140
Как образуется каменный уголь 140
Как образуются пласты угля до 100 метров толщиной 141
Как образуются угольные бассейны 142
Где в нашей стране есть ископаемый уголь и как его ищут 143
Для чего нам нужен каменный уголь 146
Как образуются нефть и газ — Н. Н. С о р о к и н а и М. М. Ч а р ы г и н 147
Что такое нефть 147
Где и как залегают нефть и газ 148
Как ищут нефть и газ 150
Как образуются нефть и газ 150
Как используется нефть 150

БИОГРАФИЯ ЗЕМЛИ

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

Как узнали, что было на Земле до появления человека — Г. Г. Астрова . . . 155
Горные породы как памятники прошлых событий 156
Как узнают возраст горных пород 157
Руководящие окаменелости 158

Геологические «углеродные часы»— А. В. Трофимов 164

Как образуются горы — В. А. Варсанофьева 168

Как развивалась жизнь на Земле — А. К. Рождественский . . 180
Первые живые существа на нашей планете 180
Первые растения и животные — обитатели моря 181
Первые наземные животные 184
«Век рыб» 187
Царство гигантских папоротников, плаунов и хвощей 189
Древнейшие ящеры 191
Появление двуногих ящеров 193
Пресмыкающиеся — завоеватели суши, моря и воздуха 194
«Великое вымирание» ящеров 197
Древние млекопитающие 200
Из истории животного мира за последние 25 миллионов лет 202
Почему одни животные и растения вымерли, а другие появились . . . 203
Как изучают ископаемых животных 203
Как сохраняются остатки животных и растений 204
Поиски и раскопки остатков древних животных 204
Зачем нужно изучать остатки вымерших животных и растений. . . . 205

Где и когда появились люди на Земле — В. И. Громов 205
Великое оледенение Земли 205
Когда и почему появился человек 209
Где появились первые люди 212

КАК РАБОТАЮТ ГЕОЛОГИ

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

О чем рассказывает геологическая карта — А. И. Равикович 213

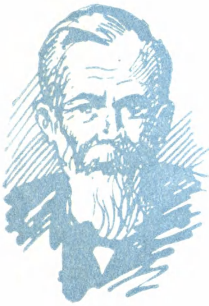
По следам «волшебной» пыли — В. И. Соболевский 216

Как ищут клады земли — В. И. Кейлис-Борок и В. Я. Барлас 218
Поиски 218
Карта подземного мира 218
Взгляд сквозь карту 220
Карта подсказывает 220
Охота за месторождением 222
Следы невидимого 224
Месторождение на весах 225
Месторождение — магнит 225
Токи в земле 226
Разведка взрывами 227
Особые признаки 228
Как понять язык приборов 228
Разные задачи — одна цель 229

Последняя разведка 229
На службе народа 229
В поисках вымерших чудовищ — И. А. Ефремов 230

ИЗ ИСТОРИИ ЗАРУБЕЖНОЙ ГЕОЛОГИИ — Ф. Д. Бублейников

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков



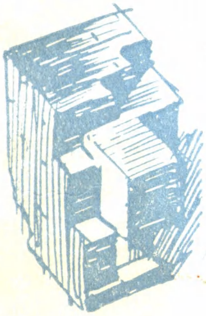
Первые геологические наблюдения 237
Догадки Леонардо да Винчи 238
Первые историки Земли 239
Изучение геологических явлений 239
Борьба нептунистов и плутонистов 240
Установление «возраста» горных пород 242
Начало науки о вымерших животных 242
Борьба с катастрофистами 244
Древнее оледенение 246
Гипотезы о происхождении гор 247

ИЗ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГЕОЛОГИИ

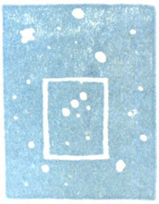
Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

Рудознатцы и горный промысел на Руси— Ф. Д. Бублейников . . 249
Рудознатцы 250
Поиски руд в Московском государстве 251
Поиски руд в эпоху Петра I 253
Михаил Васильевич Ломоносов как геолог — Ф. Д. Бублейников . 255
Выдающиеся русские геологи — И. В. Батюшкова 257
Алексей Петрович Павлов и Мария Васильевна Павлова — В. А. Варсанофьева 264
Александр Петрович Карпинский — О. А. Баян 267
Иван Михайлович Губкин — Г. Е. Рябухин 270
Владимир Иванович Вернадский — Г. Е. Рябухин 274
Александр Евгеньевич Ферсман — О. А. Баян 279
Владимир Афанасьевич Обручев — Г. П. Барсанов и В. В. Владов 281

СПРАВОЧНЫЙ ОТДЕЛ



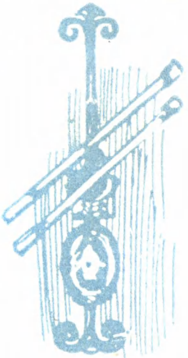
Как собирать коллекции минералов — В. И. Соболевский 285
Как составляют коллекцию 287
Размеры и внешний вид образцов для коллекции 287
Как писать этикетки 288
Укладка образцов 288
Размещение коллекций 288
Как узнать, какой это минерал — В. Г. Музафаров 289
Ключ к определителю минералов 293
Определитель минералов 293
Как определить горную породу — И. А. Преображенский . . . 297
Краткий определитель горных пород 298
Что читать по геологии — М. И. Колтун 300
Что происходит в недрах Земли и какие силы природы действуют на ее поверхности 300
Богатства земных недр 301



В помощь юным геологам — разведчикам подземных богатств . . . 302
История Земли. Происхождение и развитие жизни на Земле 303
Выдающиеся русские геологи 303
Художественная литература 305
Указатель имен и предметов — З. С. Михайлова 307

МИР НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

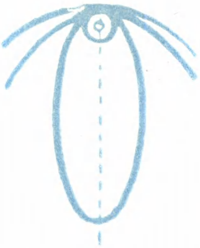
ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ



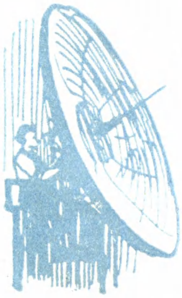
Астрономия — наука о Вселенной — Б. А. Воронцов-Вельяминов 327
Простейшие небесные явления — Ф. Ю. Зигель 329
Блеск звезд 330
Как заметить вращение звездного неба 331
Как сфотографировать суточное вращение неба 331
Созвездие Большой Медведицы 332
Происхождение названий некоторых созвездий 332
Причины вращения звездного неба 333
Вид звездного неба в разных местах Земли 334
Изменение вида звездного неба в течение года 335

КАК РАЗВИВАЛАСЬ НАУКА О ВСЕЛЕННОЙ

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

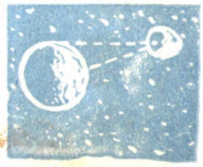


Астрономия в древности — Ю. Г. Перель 337
Великие астрономы Средней Азии 342
Зарождение новой астрономии 345
Николай Коперник — Ю. Г. Перель 345
Джордано Бруно — Ю. Г. Перель 349
Галилео Галилей — Ю. Г. Перель 351
Иоганн Кеплер — Ю. Г. Перель 352
Исаак Ньютон — Ю. Г. Перель 354
Закон всемирного тяготения — Г. А. Аристов 356
Как работают астрономы — Б. А. Воронцов-Вельяминов . . 359
Наблюдения в телескоп 359
Фотографирование звезд 361
Спектральный анализ 362
Как узнают химический состав небесных тел 362
Определение точного времени 364
Где работают астрономы 364
Как измеряют расстояние до небесных светил — Б. А. Воронцов-Вельяминов 366

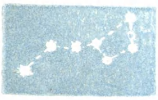


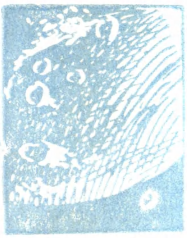
ЧТО МЫ ЗНАЕМ О ВСЕЛЕННОЙ

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков



Луна — П. И. Попов 369
Как изменяется вид Луны 369
Вращение Луны, смена на ней дня и ночи 371





Расстояние от Земли до Луны и размеры Луны 371
Природа Луны 371
Приливы и отливы 372
Солнце — П. И. Попов 373
Солнце — источник жизни на Земле 373
Что говорит наука о Солнце 374
Что происходит на поверхности Солнца 375
Солнечная атмосфера 376
Состав Солнца 378
Как изменения на Солнце влияют на земные явления 378
Каковы источники энергии Солнца 379
Солнечные устройства (машины) 379
Солнечные и лунные затмения — Г. А. Манова 380
Планеты солнечной системы — Н. Н. Сытинская 386
Далекие «Земли» 386
Меркурий — мир жара и холода 387
«Вечерняя звезда» — Венера 388
Земля 390
«Красная звезда» — Марс 390
Планета-гигант — Юпитер 392
Планета с кольцом — Сатурн 394
Планеты Уран, Нептун и Плутон 396
Планеты-крошки 396
Кометы — С. К. Всехсвятский 398
«Падающие звезды» и метеориты — Е. Л. Кринов 404
Метеорные потоки 405
«Звездные дожди» 405
Огненные шары — болиды 406
Что такое метеориты 406
Как падают метеориты 408
Общий вид и размеры метеоритов 411
Из чего состоят метеориты 411
Происхождение метеоритов 412
Помощь населения в сборе метеоритов 413
Звездный мир. Вселенная — В. А. Шишаков 413
Сколько звезд на небе 413
Как далеки от нас звезды 413
О светимости звезд 415
Цвет, температура и состав звезд 415
Звезды-гиганты и звезды-карлики 415
Переменные звезды 416
Двойные звезды 417
Звездные скопления 418
Движение звезд 419
Туманности 420
Млечный Путь 421
Наша звездная система — Галактика 421
Метагалактика 423
Есть ли конец Вселенной? 424
Как произошли Земля и другие небесные тела — Б. А. Воронцов-Вельяминов 424
О первых «днях» Земли 428
Откуда взялось газово-пылевое облако вокруг Солнца 429
Развитие Солнца, звезд и газово-пылевых облаков 429
Радиоастрономия — Ю. Г. Перель 430

КАК АСТРОНОМИЯ ПОМОГАЕТ ЧЕЛОВЕКУ

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

Счет времени, часы и календарь — Я. И. Шур 435
- Когда? 435
- Сутки, месяц и неделя 436
- Солнечный год 438
- Старый и новый стиль 439
- Хорош ли нынешний календарь 441
- Три стрелки 442
- Местное время и хронометр 446
- Поясное и декретное время 447

Астрономия в народном хозяйстве СССР — Р. В. Куницкий 448

Межпланетные путешествия — Г. И. Гуревич 452
- Борьба с тяжестью 452
- Искусственные спутники Земли и Солнца 454
- Земля — Луна 456
- Межпланетный океан 458
- Будни ракеты 459
- Все дальше и дальше 461
- Путь в бесконечность 463
- Что мы ищем на небе 464

ВЫДАЮЩИЕСЯ АСТРОНОМЫ — Ю. Г. Перель

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

Михаил Васильевич Ломоносов как астроном 465

Вильям Гершель 467

Пьер Симон Лаплас 470

Василий Яковлевич Струве и Пулковская обсерватория 472

Мариан Альбертович Ковальский 475

Федор Александрович Бредихин 477

Алексей Павлович Ганский 479

Витольд Карлович Цераский 481

Павел Карлович Штернберг 483

Аристарх Аполлонович Белопольский 486

Эдвин Хаббл 488

Григорий Абрамович Шайн 491

ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО С НЕБОМ

Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков

Самостоятельные астрономические наблюдения — М. Е. Набоков . . . 493
- Как находить созвездия 493
- Что еще можно наблюдать на звездном небе простым глазом 497
- Как сделать телескоп из стекол для очков 499
- Как наблюдать в астрономическую трубу 502
- Как применить бинокль к астрономическим наблюдениям 502
- Как наблюдать в менисковый телескоп 503
- Что наблюдать в самодельную трубу, бинокль или школьный телескоп 503
- Как устроить в лагере или при школе астрономическую площадку . . 505

Ориентировка на местности 507
Как определить время по Солнцу, Луне и звездам 508
Большой старинный планетарий — В. Л. Ч е н а к а л 510
Планетарий — Я. И. Ш у р 514
Искусственное небо 514
Машина времени 515
Московский планетарий 518

СПРАВОЧНЫЙ ОТДЕЛ

Основные данные о небесных телах — И. Е. Р а х л и н 521
Краткая хронологическая таблица по истории астрономии — Б. А. В о р о н ц о в - В е л ь я м и н о в 526
Что читать по астрономии — Ю. Г. П е р е л ь 527
Общие вопросы астрономии 527
Солнечная система 528
Звезды и звездные системы 528
Происхождение и развитие небесных тел 529
Жизнь во Вселенной 529
Космические сообщения 530
Из истории астрономии 530
Как наблюдать небесные тела 531
Указатель имен и предметов — Г. А. М а н о в а 532

Иллюстрации, таблицы и карты на отдельных листах

Извержение вулкана Авача на Камчатке (*художник Ю. Л. Фролов*) . . . . . . 32—33
На обороте: Долина гейзеров на Камчатке (*художник Ю. Л. Фролов*)
Морской прибой — цветная фотография . . . . 72—73
На обороте: Коралловые рифы — цветная фотография
Различные формы кристаллов (*художник А. Н. Лебедев*) — цветная таблица . . . 80—81
На обороте: Различные формы кристаллов (*художник А. Н. Лебедев*) — цветная таблица
Мрамор из различных месторождений (*художник А. Н. Лебедев*) — цветная таблица 104—105
На обороте: Московский метрополитен им. В. И. Ленина. Станции «Серпуховская» и «Краснопресненская» — цветные фотографии
Благородные и цветные металлы (*художник А. Н. Лебедев*) — цветная таблица 120—121
На обороте: Древние изделия из благородных металлов — цветная фотография
Различные виды корунда (*художник М. П. Гетманский*) — цветная таблица . . 128—129
На обороте: Различные виды берилла (*художник М. П. Гетманский*) — цветная таблица
Индрикотерий — гигантский безрогий носорог (*художник К. К. Флеров*) . . . . . 160—161
На обороте: Ближайшие родственники слонов — мамонты (*художник К. К. Флеров*)
Геологическая карта СССР . . . . 176—177
Фауна и флора конца палеозоя (*художники К. К. Флеров и В. Д. Калганов*) . . 184—185
Ископаемые животные (*художник К. К. Флеров*) — таблицы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 192—193
Фауна и флора середины мезозоя (*художники К. К. Флеров и В. Д. Калганов*) . . 200—201
Фауна и флора середины кайнозоя (*художники К. К. Флеров и В. Д. Калганов*) 208—209
Карта великого оледенения Земли (*картограф Е. Я. Марусов, художник Г. П. Кляевский*) . . . . 216—217
Утконосый динозавр — самый крупный двуногий динозавр (*художник К. К. Флеров*) 232—233
На обороте: Парейазавры и иностранцевия (*художник К. К. Флеров*)

Минералы (*художник М. П. Гетманский*) — цветные таблицы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 . 288—289
Горные породы (*художник А. Н. Лебедев*) — цветные таблицы 1,2 . . . . 296—297
Вид Земли с Луны (*художник Н. М. Кольчицкий*) . . . . 374—375
На обороте: Карта Луны (*картограф А. А. Ульянов*)
Протуберанцы в солнечной короне (*художник И. А. Шпанов*) . . . . 384—385
На обороте: Спектры некоторых элементов сравнительно со спектром Солнца
Планеты Марс и Сатурн (*художник А. В. Сайчук*) . . . . 392—393
На обороте: Комета Донати (*художник Н. М. Кольчицкий*)
Падение Сихотэ-Алинского метеорита (*художник Н. М. Кольчицкий*) . . . . . . 408—409
На обороте: «Звездный дождь» в Ленинграде (*художник Н. М. Кольчицкий*)
Старт космических ракет (*художник Н. М. Кольчицкий*) . . . . 456—457
На обороте: Атомная космическая ракета в полете (*художник Н. М. Кольчицкий*)
В кабине ракеты (*художник Н. М. Кольчицкий*) . . . . 464—465
На обороте: На спутнике Юпитера (*художник Н. М. Кольчицкий*)
Карта звездного неба, доступного для наблюдения в СССР (*картограф Е. Я. Марусов*) . . . . 496—497
Зрительный зал планетария (*художник В. Н. Добровольский*) . . . . 512—513
На обороте: Аппарат «планетарий» (*художник В. Н. Добровольский*)

Земная кора
и
недра Земли

Введение в геологию

ЧТО ИЗУЧАЕТ ГЕОЛОГИЯ

Геология изучает образование и строение каменной оболочки Земли. В отличие от наук о живой природе — зоологии и ботаники — геологию часто называют наукой о «мертвой природе». Но в сущности эта природа вовсе не мертва. Под воздействием воздуха, воды, солнечных лучей, мороза и других сил природы оболочка Земли непрерывно изменяется. Внимательный наблюдатель может уловить и проследить очень интересную жизнь «мертвой природы». Не меньше чем биологические науки, геология учит человека сознательно относиться к явлениям природы и понимать их. Не зная основ геологии, человек видит только внешнее. Он созерцает различные формы рельефа: овраги, обрывы, откосы, долины, холмы, скалы, горные цепи, снеговые вершины,— часто восхищается красотой их, но не имеет никакого понятия о том, как же они образовались.

Человек видит спокойную равнинную речку, с пологими зелеными берегами, или горный поток, скатывающийся шумными водопадами между скалистыми склонами гор; сидя на берегу моря, он любуется всплесками волн, набегающих на берег, слушает неумолчный шум прибоя, но не знает, что вся эта неустанная работа воды приводит к грандиозным изменениям поверхности Земли.

Кто не знает основ геологии, тот, заметив на склоне горной долины, как изогнуты слои пород — будто их сжимала или сдвигала рука великана,— не сможет объяснить, что это значит, какая сила и почему так исковеркала твердые каменные породы. Он не сумеет отличить кварц от мрамора, гранит от песчаника и, наверное, пройдет мимо ценной породы, если только она не бросится ему в глаза необыкновенным цветом или формой.

Земля, на которой мы живем, существует миллиарды лет. История Земли очень длинная и запутанная. Она богата разными событиями. Эта история записана в пластах земной коры, являющихся памятниками далекого прошлого. Каждый пласт — как бы страница книги истории природы. Но в этой книге многие листы от времени сильно стерлись и печать на них сделалась неразборчивой, а

местами и совсем исчезла. Геология учит читать эту книгу природы, разбирать «стертые фразы», восстанавливать «текст» недостающих страниц. Неполнота «текста» истории Земли, обилие в нем загадочных мест, нерасшифрованных иероглифов (знаков) особенно привлекает к этой науке пытливый человеческий ум.

Геология рассказывает нам, как сформировалась планета, на которой мы живем, из каких горных пород она состоит и каким изменениям подвергалась в течение многих лет своего существования. Геология учит нас заглядывать в глубь времени и помогает лучше понять процессы, которые происходят на наших глазах. Тепло, которое дает нам Солнце, движение воздуха в виде ветра, капли дождя, мороз, кристаллы снега, реки и моря, даже растения и животные — все это изменяющие Землю геологические деятели, работу которых изучает геология. Лик Земли, т. е. формы поверхности, создан этими деятелями, а также и другими, скрытыми в глубине Земли. Время от времени последние обнаруживают себя в виде таких грозных явлений, как извержения вулканов или землетрясения.

Уже первобытный человек обращал внимание на окружающую его природу и на работу геологических деятелей. Но он не понимал явлений природы и потому мысленно населил небо и землю, воду и земные недра таинственными силами в виде добрых и злых духов, которые действуют на пользу или во вред человеку. В более поздние времена много ученых погибло на кострах за попытки разъяснить явления природы; немало научных трудов было сожжено за мысли, противоречившие «священному писанию».

Геология приносит огромную пользу человеческому обществу. Она исследует недра Земли и помогает извлекать из них минеральные сокровища, без которых не могут существовать люди. Что делал бы человек, если бы он не знал полезных ископаемых, не умел бы их добывать и обрабатывать, превращать в необходимые изделия! Человек очень давно научился изготовлять орудия труда из кости и камня. Много тысячелетий длился «каменный» период истории человечества. Огромный шаг вперед сделал человек, научившись выплавлять металл из руды и делать из него орудия труда. Только после этого культура двинулась вперед быстрыми шагами. За несколько тысячелетий она достигла такой высоты, когда на службу человечеству стало электричество, а скоро будет широко использована для хозяйственных целей и атомная энергия. В нашей стране, где вся земля принадлежит государству, работа геолога идет на пользу народу. Для исследователя недр Земли созданы самые благоприятные условия. Но для того, чтобы стать настоящим геологом, необходимо обладать всесторонними знаниями. Геолог должен хорошо знать минералогию — историю природных химических соединений, т. е. минералов, и геохимию — науку о развитии химических процессов в Земле и об истории атомов. Он должен иметь представление о геофизике — науке, изучающей физические свойства нашей планеты в целом и процессы, происходящие в оболочках Земли — твердой, жидкой и газообразной. Геофизические приемы исследования очень помогают геологам в изучении недр Земли (см. стр. 224—229).

Даже знание ботаники облегчает труд разведчика подземных кладов. Оказывается, некоторые растения живут на почвах, содержащих определенные металлы. Так, например, на почвах, богатых металлом никелем, растут анемоны; на почвах с повышенным содержанием урана и селена растет астрагал; кустарник качим в Казахстане обычно связан с почвой, богатой медью, и т. д. В Америке были найдены крупные месторождения серебра исключительно по данным ботаники. Таких примеров можно привести много.

Профессия геолога очень интересна и разнообразна. Тот из вас, кто любит лес и горы, свежий воздух, ночлег в палатке, может выбрать себе специальность съемщика геологической карты. Такой геолог проводит все лето, а порой и часть весны и осени на полевой работе (т. е. в природе) и только на зиму возвращается в город для обработки собранных материалов. Как увлекательна и заманчива обработка материала впервые обследованного района, знает каждый геолог.

Прежде чем нанести на карту области распространения горных пород различного состава и возраста, геолог мысленно снимает слой почвы, всю растительность и все сооружения человека — здания, дороги и т. д.; ниже лежат коренные породы — так называют горные породы, слагающие земную кору,— их-то и показывает геологическая карта.

Для составления карты геолог выполняет геологическую съемку: маршрутную или подробную, в зависимости от масштаба карты и задания. При маршрутной съемке достаточно бывает пересечь всю исследуемую площадь по двум-трем направлениям, по которым и сле-

дует провести наблюдения над составом горных пород, их залеганием и границами распространения. На такой карте вне маршрутов съемки многое будет нанесено только предположительно, с большей или меньшей точностью. Для подробной же съемки местность должна быть изучена шаг за шагом по всем направлениям, и только тогда все границы и условия залегания пород будут показаны точно.

На карте геолог вычерчивает площадь, занимаемую каждой породой известного возраста и состава, и показывает, как она залегает (горизонтально, наклонена ли в какую-либо сторону или образует складки). Затем он отмечает на карте различные нарушения в породах — трещины разломов, рудные и иные жилы, изменения одних пород от соприкосновения с другими, разные полезные ископаемые.

Геологическая карта знакомит с внутренним строением данной местности. Собирая материал для карты, геолог изучает местность более или менее подробно и в отчете может уже описать состав горных пород, строение, историю развития, т. е. формирования, этого участка Земли. В осадочных горных породах геолог встретит остатки существовавших в прежние времена животных (раковины, панцири, кости, зубы) и растений (листья, кору, пыльцу, древесину). Эти остатки, называемые окаменелостями, изучают палеонтологи (палеонтология — наука о древней жизни). По окаменелостям геологи судят о последовательности событий, происходивших на Земле: наступании морей на сушу, образовании гор и т. п. Органическая жизнь в течение многих миллионов лет, которые насчитывает история Земли, прошла очень длинный путь развития. Этот путь развития запечатлелся в слоях Земли с остатками животных и растений.

Геолог-съемщик нанесет на карту также встреченные им месторождения полезных ископаемых. При съемке можно только бегло осмотреть месторождения, сделать небольшие расчистки, раскопки, удалить растительность и почву, закрывающие коренную породу, чтобы лучше рассмотреть форму залежи — пласт, жилу, вкрапления. Иногда геологу-съемщику удается даже проследить залежь на некоторое расстояние. Изучать месторождение будет уже другой специалист — геолог-разведчик. Если месторождение заслуживает подробного изучения, то будет произведена разведка канавами, шурфами (колодцами), буровыми скважинами. Если эта предварительная разведка даст благоприятный результат, на очередь станет детальная разведка в глубь и по простиранию (по длине) месторождения, чтобы можно было вычислить его запасы и выяснить его ценность и условия разработки ископаемого. Геолог-разведчик в найденном месторождении различными способами должен определить запасы полезного ископаемого.

Полезна и интересна деятельность рудничного геолога, ежедневно посещающего подземные выработки для осмотра действующих забоев [1]. Этот геолог-опекун должен хорошо знать все особенности рудной жилы или пласта. Он не растеряется в случае, если жила исчезнет в связи с опусканием или сдвигом пород, и даст правильное указание, в какой стороне — вверху или внизу, справа или слева — нужно искать ее продолжение. А вернувшись из шахты или штольни [2], геолог запишет в дневнике свои наблюдения и заполнит карточки новых забоев. Разложив все карточки на столе и приставляя их друг к другу по вертикали и по горизонтали, он может восстановить полную картину выработанной части месторождения.

Обработка научных материалов, собранных в экспедициях, требует большого труда. Необходимо, например, изучить коллекции ископаемых растений, беспозвоночных или позвоночных животных, исследовать горные породы и минералы.

Все геологи должны уметь работать с микроскопом, чтобы определять шлифы (срезы) горных пород и минералов, шлифы с микрофауной и т. п.

В народном хозяйстве нашей страны геологи нужны всюду. Без геологических данных нельзя проектировать и строить прочно, с уверенностью, что не будет аварий и катастроф, с наименьшей затратой средств, труда и времени.

Строительство всякого рода крупных жилых, общественных и заводских зданий, шоссейных, автомобильных и железных дорог, аэродромов, больших мостов через реки, прорытие каналов и туннелей, сооружение больших плотин на реках — все эти работы требуют участия инженера-гидрогеолога.

---

[1] Забой — разрабатываемый конец горной выработки.

[2] Штольня — горизонтальная или немного наклонная горная выработка, имеющая непосредственный выход на поверхность.

Он должен еще до начала строительства исследовать грунт, на котором возводится сооружение, выяснить, на какой глубине надо заложить фундамент, узнать водонепроницаемость или водоносность пород под зданием, дорогой или в стенах туннеля.

Гидрогеологи изучают подземные воды, их состав и пути передвижения, выясняют условия вывода вод на земную поверхность для снабжения населенных пунктов или отвода воды, если она вредна для здоровья людей или может лишить устойчивости фундаменты зданий.

В районах, подверженных землетрясениям, геолог поможет строителям выбрать тип зданий, выдерживающий сотрясения земли.

Разработки крупных месторождений полезных ископаемых, особенно рудных, всегда производятся под наблюдением геолога. Он следит, как изменяется месторождение вглубь и по простиранию, дает указания, где вести разведочные работы и какие буровые скважины или подземные выработки нужны.

Теперь, юные друзья, вы имеете общее представление о геологии, и вам должно быть ясно, почему знание основ геологии необходимо всем для общего образования. Среди вас, несомненно, найдутся желающие посвятить жизнь этой интереснейшей науке и сделаться геологами. Геологические знания ценны для нас еще и потому, что вооружают нас силой и могуществом, властью над природой и над богатствами недр земли.

В нашей стране труд геолога почетен и благороден. Он направлен на пользу великого дела — строительства коммунизма.

СТРОЕНИЕ ЗЕМНОГО ШАРА

Кто из юных читателей не знает увлекательного романа Жюля Верна «Путешествие к центру Земли»? В нем Жюль Верн, используя в качестве художественного приема неправдоподобный способ проникновения героев романа через кратер одного из вулканов Исландии в глубины Земли, рассказывает о строении верхней оболочки Земли, или земной коры, и об истории развития жизни на ней, как представляли это себе ученые во второй половине XIX в.

Точно описывая классические районы вулканической деятельности—Исландию и острова Средиземного моря,—писатель вводит своих героев в неведомые глубины земного шара.

Не случайно Жюль Верн говорит в своем романе о вулканах. Извержения вулканов всегда приводили в ужас человека. Пытаясь объяснить грозную деятельность вулканов, уже в старину люди сложили о них много легенд. Древние греки считали вулканы владением бога огня Гефеста. Особенный интерес возбуждал вулкан Этна, находящийся на восточном берегу о-ва Сицилии. Извержение Этны, по представлению греческого поэта Пиндара (V в. до н. э.), вызывает стоглавый Тифон (в древнегреческой мифологии — грозное огнедышащее чудовище, порожденное богиней земли Геей), заключенный в недра горы в наказание за то, что он поднял восстание против Зевса.

Философ Эмпедокл (ок. 490—430 гг. до н. э.) первый стал говорить о расплавленном состоянии внутренних частей Земли, ссылаясь на действующие вулканы и горячие источники. Он изучал вулкан Этну, по склонам которого временами текли мощные потоки лавы, заливавшие окрестности на десятки километров. Эмпедокл, охваченный желанием изучить устройство вулкана и причину извержений, предпринял смелое путешествие в недра кратера Этны и погиб в жерле вулкана.

В средние века ничего нового о вулканах не было выяснено. Господствовавшие теории опирались в основном на мнения древнегреческих философов.

Позже немецкий естествоиспытатель Атанасиус Кирхер (1601—1680), изучавший вулканические извержения и землетрясения, дал в своем капитальном труде «Подземный мир» не только описание недр Земли, но даже воображаемый разрез земного шара.

По воззрениям Кирхера, внутренность Земли — твердое тело с огромными пустотами, которые соединяются между собой и с поверх-

ностью многочисленными каналами. Центральное ядро занято огнем, а пустоты, расположенные ближе к поверхности, заполнены частью огнем, частью водой, частью воздухом.

Иные воззрения на строение Земли высказывал английский ученый Джон Вудворт (1665—1722). По его представлениям, внутренность Земли заполнена целиком водой. Вода образует огромную водяную сферу, сообщающуюся каналами с морями и океанами. Он также привел в своих работах гипотетический (предполагаемый) разрез земного шара.

Схемы Кирхера и Вудворта пользовались долгое время широкой известностью. Они приводились даже в учебниках второй половины XIX в.

В основном в науке XIX в. господствовало представление об огненно-жидком ядре земного шара. Это представление логично объясняло повышение температуры, наблюдаемое при опускании в глубь Земли, а также вулканические явления. Кроме того, оно опиралось на космогонические[1] гипотезы Канта и Лапласа.

Немецкий философ Иммануил Кант и французский астроном и математик Пьер Симон Лаплас предложили гипотезы, в которых они пытались дать картину возникновения солнечной системы.

В основу своей гипотезы Кант положил состоящую из отдельных частиц туманность, находившуюся в движении. Столкновения частиц между собой привели с течением времени к упорядочению этого движения, и из вращающейся туманности возникли Солнце и планеты. Лаплас полагал, что вследствие сближения частиц и их сжатия туманность постепенно раскалялась. Вращающаяся раскаленная газовая туманность, превосходившая по своим размерам планетную систему, получила сплюснутую форму. Затем при увеличении скорости вращения от туманности постепенно отделялись слои вещества, образовывавшие ряд колец. Каждое из них под действием сил взаимного притяжения слагавших его частиц постепенно превратилось в шаровидное тело— планету, которая сначала была раскаленной, но потом в результате излучения тепла стала остывать.

Центральная же часть туманности после сжатия и отделения от нее ряда колец стала Солнцем.

[1] Космогония — наука о происхождении и развитии небесных тел и их систем.

Таким образом, согласно гипотезам Канта и Лапласа, земное ядро должно быть огненно-жидким; земная кора—продукт остывания некогда огненно-жидкого шара.

Однако уже во времена Жюля Верна раздавались, правда очень робко, голоса тех, кто был не согласен с гипотезой Канта — Лапласа. К этому меньшинству, по-видимому, принадлежал и Жюль Верн, вложивший свои мысли в уста профессора Лиденброка, который сомневался в существовании огненно-жидкого земного ядра и старался объяснить внутреннее тепло земной коры процессами окисления.

Эта точка зрения в настоящее время восторжествовала в науке. Большинство геофизиков и геологов отрицает теперь стадию огненно-жидкого состояния Земли и объясняет разогрев земных оболочек в основном процессами радиоактивного распада. Советские ученые при этом исходят из космогонических гипотез, созданных у нас в СССР.

Интересная гипотеза образования планет была разработана коллективом советских ученых под руководством акад. О. Ю. Шмидта. Согласно этой гипотезе, планеты образовались из облаков космической пыли, которая обращалась некогда вокруг Солнца. О. Ю. Шмидт показал, что такое пылевое облако вследствие столкновения его частиц между собой должно было весьма быстро превратиться в сплющенный слой, окружавший Солнце. Под влиянием сил взаимного притяжения этот слой превратился в систему отдельных сгустков, а в дальнейшем из этих сгустков образовались планеты. По предположению О. Ю. Шмидта, Земля всегда была холодной, поэтому земная кора вовсе не шлак, который образовался на поверхности раскаленной жидкой массы земного шара. Кора — составная часть нашей планеты — сначала была холодной и лишь впоследствии стала нагреваться в результате различных — в основном радиоактивных—процессов.

Но не одни гипотезы помогают теперь ученым проникать во внутренние части земного шара. Для этого существуют очень точные геофизические методы. Они основаны на изучении колебаний земной коры, вызываемых землетрясениями или искусственными взрывами.

Основной материал для изучения строения земного шара мы получаем из записей колебаний земной поверхности чувствительными

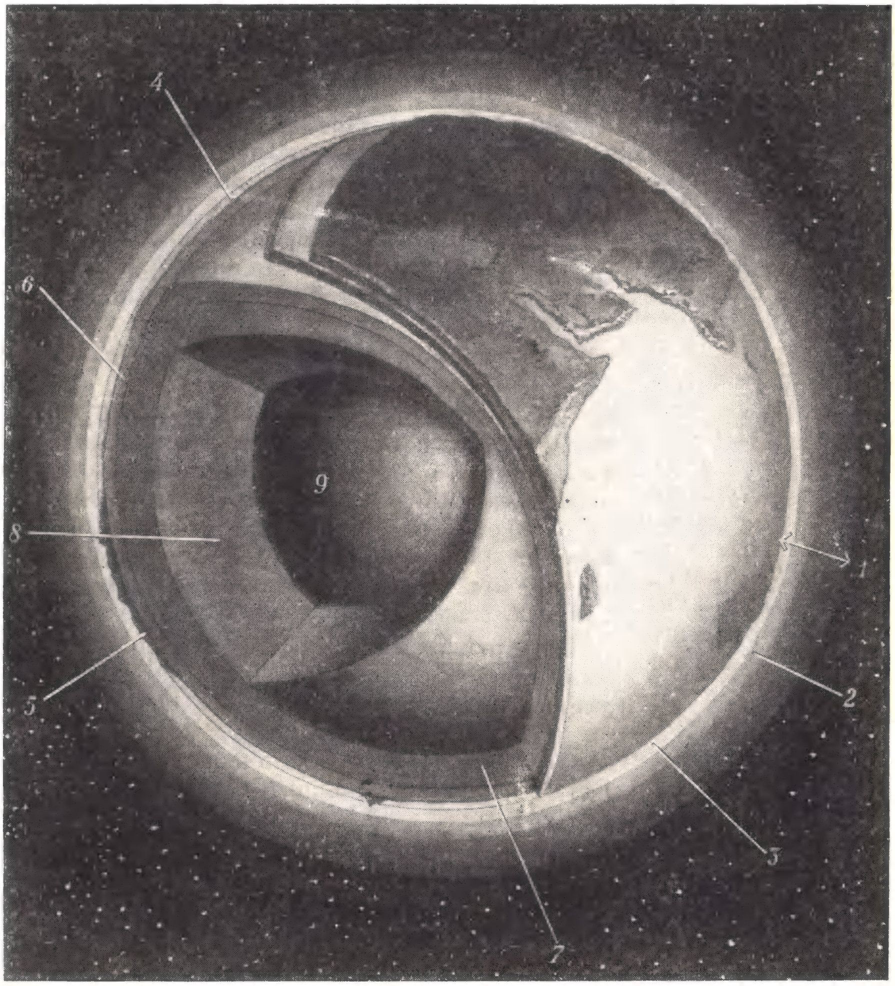


Схема строения нашей планеты:

1 — атмосфера, свыше 1000 *км*; *2* — стратосфера, в среднем от 11 до 80 *км* от поверхности Земли; *3* — тропосфера, в среднем 11 *км* от поверхности Земли; *4* — гидросфера, более 10 *км*; *5* — гранитный слой, до глубины 10—15 *км*; *6* — базальтовый слой, до глубины 50—60 *км*; *7* — подкоровая часть внутренней оболочки Земли; *8* — внутренняя оболочка Земли, до глубины 2900 *км* (в ней скорость распространения сейсмических волн нарастает до 13,6 *км/сек*); *9* — ядро (в нем скорость распространения волн до 8 *км/сек*).

приборами—сейсмографами[1], установленными на многочисленных сейсмических станциях мира. Сами колебания вызываются землетрясениями. Очаги землетрясений находятся в глубинах земного шара, иногда в нескольких сотнях километров от поверхности.

Каждое землетрясение вызывает колебательное движение, распространяющееся от очага во все стороны (см. стр. 40 — 42).

Если бы Земля была однородным телом, то сейсмические волны распространялись бы прямолинейно и с одинаковой скоростью. Изучение скоростей распространения различных волн в Земле показало, что земной шар состоит из ряда концентрических зон, имеющих р а з л и ч н у ю п л о т н о с т ь. Намечается несколько зон с различными упругими свойствами. Первая зона распространяется от поверхности Земли на глубину в среднем около 50—60 *км*. Она представляет собой так называемую з е м н у ю к о р у, состоящую в основном из кристаллических пород. Под ней залегает более плотное, но в то же время, вероятно, более пластичное подкоровое вещество. До глубины около 1200 *км* идет равномерное возрастание скоростей сейсмических волн, что следует объяснить возрастанием давления в однородном составе этого слоя. Глубже рост скорости сейсмических волн замедляется.

Наконец, весьма резкий скачок происходит на глубине 2900 *км*. Часть земного шара, заключенная между подошвой земной коры, на глубине 50—60 *км*, и глубиной 2900 *км*, называется о б о л о ч к о й З е м л и. Часть земного шара, заключенная внутри поверхности раздела на глубине больше 2900 *км*, называется я д р о м З е м л и, а сама поверхность раздела — границей ядра.

Ядро Земли состоит из такого вещества, которое не сопротивляется изменению формы, т. е. оно ведет себя по отношению к сейсмическим колебаниям, как жидкое или газообразное тело.

Верхний покров земного шара, слагающий континенты и ложа океанов, делится на два основных слоя. Самый верхний слой континентальной части земной коры состоит

---

[1] Сейсмографы — приборы, отмечающие колебания земной поверхности.

в основном из напластований так называемых осадочных пород и пород, близких по составу к гранитам. Поэтому верхний слой обычно называется г р а н и т н ы м, хотя нужно помнить, что это название условное, так как в этом слое имеются и другие породы, а состав его может несколько меняться от района к району.

Ниже лежит так называемый б а з а л ь т о в ы й слой. Основную роль в его строении играют породы, богатые магнием и железом и бедные кремнекислотой. Это разновидности базальтовой группы пород, и поэтому нижний слой коры получил название базальтового. Этот слой отделяется от ниже идущих пород подкорового слоя поверхностью, отчетливо различаемой сейсмическими волнами. Эта поверхность называется поверхностью С. Мохоровичича, по имени югославского ученого, открывшего ее. Скорость сейсмических волн глубже поверхности раздела сразу увеличивается до 8 *км/сек*, что обусловлено увеличением плотности вещества Земли.

Вещество земной коры находится в кристаллическом состоянии. Толщина земной коры меньше под океанами, чем под континентами. Возможно, что под дном Тихого океана вообще отсутствует гранитный слой.

Самая верхняя часть земной коры в значительной мере состоит из слоистых осадочных пород, образовавшихся путем осаждения различных мелких частиц в морях и океанах. В них захоронены остатки животных организмов и растений, населявших прежде земной шар. Общая мощность осадочных пород не превосходит 12—15 *км*. Их последовательно идущие напластования и содержащиеся в них окаменелости животных и растений позволяют ученым-геологам восстанавливать историю развития жизни на Земле.

Верхняя часть внутренней оболочки Земли по химическому составу ближе всего к составу горных пород, известных под названием п е р и д о т и т о в и п и р о к с е н и т о в, очень богатых магнием и железом и отличающихся значительным удельным весом.

Мы имеем некоторые доказательства реального существования этой подкоровой оболочки. В массах пород, заполняющих вертикальные алмазоносные «трубки» Кимберли в Южной Африке, а также в алмазных копях Якутии в изобилии находятся вынесенные с больших глубин куски оливиновых и перидотитовых пород. Это самые глубокие из известных нам материалов, слагающих Землю.

Но методами современной геофизики мы познаем Землю и дальше вглубь, правда уже только в отношении распределения материала по плотности и упругости, не зная пока других его свойств.

Таким образом, можно считать, что внутренняя оболочка Земли простирается до глубины 2900 *км*. Вещество оболочки твердое, но обладающее пластичностью, в нижней части лишенное кристаллической структуры (аморфное). Состав ее, по-видимому, тот же, что и в самой верхней (подкоровой) части. Изменение плотности оболочки Земли связано не столько с изменением состава, сколько с давлением, которое достигает здесь огромной величины.

Так, например, давление на единицу поверхности равно:

глубина в километрах	давление в атмосферах
5	1 350
50	13 500
800	296 100
3200	1 677 900

Земное ядро обладает свойствами жидкости. Радиус земного ядра 3471 *км*. При переходе от оболочки к ядру резко изменяются физические свойства вещества. Причиной такого изменения является, вероятно, изменение атомной структуры под влиянием высоких давлений, достигающих около 3 млн. атмосфер. Температура внутри Земли повышается до 2000—3000°, при этом наиболее быстро температура повышается в земной коре, далее — значительно медленнее, а на больших глубинах остается постоянной.

Плотность Земли возрастает с 2,6 на поверхности до 6,8 на границе ядра Земли. В самом ядре плотность возрастает до 10, а в его центральных частях превышает 12.

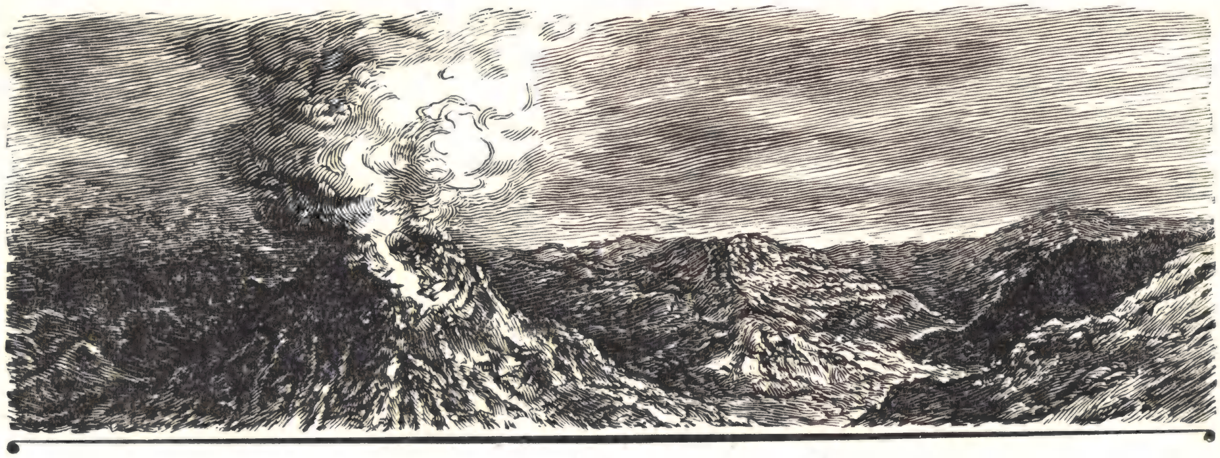
До недавнего времени считали, что ядро имеет железный состав, аналогичный железным метеоритам, а оболочка — силикатный состав, соответствующий каменным метеоритам. Однако, согласно современным научным взглядам, причина резкого скачка плотностей и резкого уменьшения твердости у границы ядра Земли не в разделении вещества по химическому составу, а в физико-химическом процессе — частичном разрушении электронной оболочки атомов при критическом давлении, достигающем 1,4 млн. атмосфер.

Отрыв электронов от ядер под действием огромного давления и высокой температуры облегчает резкое уплотнение вещества и придает ему новые свойства, сходные в отношении твердости со свойствами жидких тел (способностью жидких тел, сохраняя объем, изменять первоначальную форму), а в отношении электропроводности — со свойствами металлов. Поэтому такое превращение называется переходом вещества в металлическую фазу.

Таким образом, условия существования материи в больших глубинах земного шара резко отличны от условий на земной поверхности и тех, которые мы можем пока создать путем опыта.

С каждым годом данные геофизики и астрофизики позволяют нам все лучше и лучше разбираться в строении земного шара, а это, в свою очередь, дает нам возможность видеть связь ряда важнейших геологических процессов, совершающихся в земной коре, с процессами, происходящими в глубинах земного шара.

Вот почему так важно и так интересно изучать строение нашей планеты.



Что происходит в недрах Земли

КАК ДЕЙСТВУЮТ ВУЛКАНЫ

В Тирренском море в группе Липарских островов есть небольшой остров Вулькано. Бо́льшую часть острова занимает гора. Еще в незапамятные времена люди видели, как из ее вершины иногда вырывались облака черного дыма, огонь и на большую высоту выбрасывались раскаленные камни.

Древние римляне считали этот остров входом в ад, а также владением бога огня и кузнечного ремесла Вулкана. По имени этого бога огнедышащие горы впоследствии стали называть **вулканами**.

Извержение вулкана может продолжаться несколько дней и даже месяцев. После сильного извержения вулкан снова приходит в состояние покоя на несколько лет и даже десятилетий. Такие вулканы называются **действующими**.

Есть вулканы, которые извергались в давно прошедшие времена. Некоторые из них сохранили форму красивого конуса. О деятельности их у людей не сохранилось никаких сведений. Их называют **потухшими**, как например у нас на Кавказе горы Эльбрус и Казбек, вершины которых покрыты сверкающими, ослепительно-белыми ледниками. В древних вулканических областях встречаются глубоко разрушенные и размытые вулканы. В нашей стране такие области — Крым, Забайкалье и другие места.

Кратер вулкана, находящегося в покое. На ледниках, подступающих к самому кратеру, видны пепел и глыбы камней, выброшенные при последнем извержении. (Фото сделано с самолета.)

Вулканы обычно имеют форму конуса со склонами, более пологими у подошв и более крутыми у вершин.

Если подняться на вершину действующего вулкана во время его спокойного состояния, то можно увидеть **кратер**[1]— глубокую впадину с обрывистыми стенками, похожую на гигантскую чашу. Дно кратера покрыто обломками крупных и мелких камней, а из трещин на дне и стенах кратера поднимаются струи газа и пара. Иногда они спокойно выходят из-под камней и из щелей, иногда вырываются бурно, с шипением и свистом. Кратер наполняют удушливые газы; поднимаясь вверх, они образуют облачко на вершине вулкана. Месяцы и годы вулкан может спокойно куриться, пока не произойдет извержение. Этому событию часто предшествует землетрясение; слышится подземный гул, усиливается выделение паров и газов, сгущаются облака над вершиной вулкана.

Потом под давлением газов, вырывающихся из недр земли, дно кратера взрывается. На тысячи метров выбрасываются густые черные тучи газов и паров воды, смешанных с пеплом, погружая во мрак окрестность. Со взрывом и грохотом из кратера летят куски раскаленных докрасна камней, образуя гигантские снопы искр. Из черных, густых туч на землю сыплется пепел, иногда выпадают ливневые дожди, образуя потоки грязи, скатывающиеся по склонам и заливающие окрестности. Блеск молний непрерывно прорезывает мрак. Вулкан грохочет и дрожит, по жерлу его поднимается расплавленная огненно-жидкая **лава**. Она бурлит, переливается через край кратера и устремляется огненным потоком по склонам вулкана, все сжигая и уничтожая на своем пути.

При некоторых вулканических извержениях лава не изливается.

Извержения вулканов происходят также на дне морей и океанов. Об этом узнают мореплаватели, когда внезапно видят столб пара над водой или плавающую на поверхности «каменную пену» — пемзу. Иногда суда наталкиваются на неожиданно появившиеся мели, образованные новыми вулканами на дне моря. Со временем эти мели — изверженные массы — размываются морскими волнами и бесследно исчезают.

Некоторые подводные вулканы образуют конусы, выступающие над поверхностью воды в виде островов.

В древности люди не умели объяснить причины извержения вулканов. Это грозное явление природы повергало человека в ужас.

Однако уже древние греки и римляне, а позже арабы пришли к мысли, что в глубине Земли находится огромное море подземного огня. Волнения этого моря и вызывают извержения вулканов на земной поверхности.

В конце прошлого века от геологии отделилась особая наука — **вулканология**.

Теперь вблизи некоторых действующих вулканов организуют **вулканологические станции** — обсерватории, где

[1] Кратер — по-гречески «большая чаша».

ученые ведут постоянные наблюдения за вулканами. У нас такая вулканологическая станция устроена на Камчатке в селении Ключи. Когда какой-нибудь из вулканов начинает действовать, вулканологи немедленно выезжают к вулкану и ведут наблюдения за извержением.

Изучая вулканическую лаву, можно понять, как превращался расплавленный материал в твердую горную породу.

Вулканологи исследуют также потухшие и разрушенные древние вулканы. Накопление таких наблюдений и знаний очень важно для геологии.

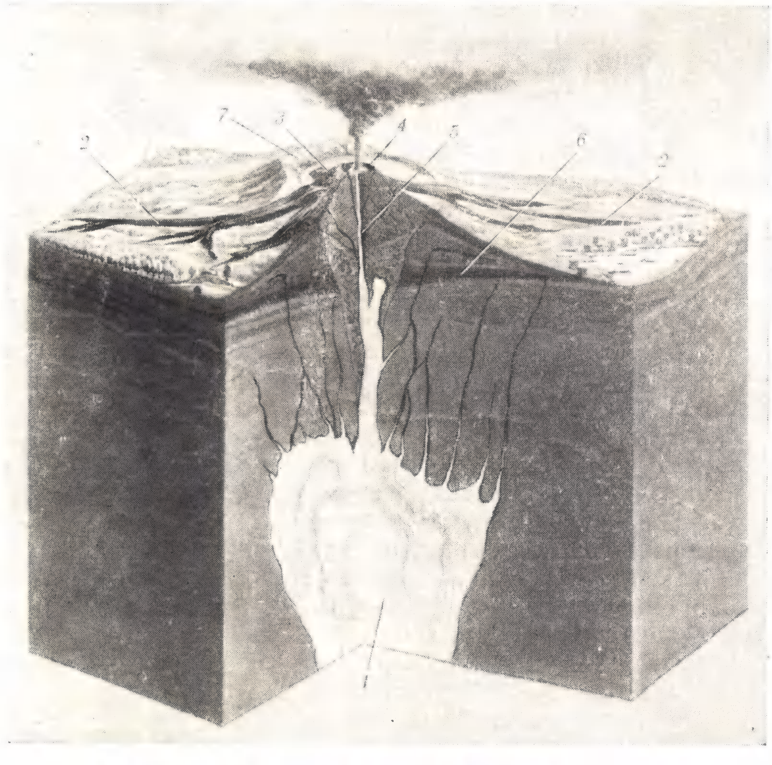
Древние разрушенные вулканы, действовавшие десятки миллионов лет назад и почти сровнявшиеся с поверхностью Земли, помогают ученым распознать, каким образом расплавленные массы, находящиеся в недрах Земли, проникают в твердую земную кору и что получается от соприкосновения (контакта) их с горными породами. Обычно в местах контакта благодаря химическим процессам образуются руды полезных ископаемых — месторождения железа, меди, цинка и других металлов (см. стр. 101—103).

Струи пара в кратерах вулканов, которые называются **фумаролами**, выносят с собой некоторые вещества в растворенном состоянии. По трещинам кратера и около него, вокруг таких фумарол отлагаются сера, нашатырь, борная кислота, которые используются в промышленности.

Вулканический пепел и лава содержат много соединений элемента калия и превращаются в очень плодородные почвы. На таких почвах разводят сады или используют земли для полеводства. Поэтому, хотя в окрестностях вулканов жить небезопасно, там почти всегда вырастают селения или города.

Отчего же происходят извержения вулканов и откуда берется такая огромная энергия внутри земного шара?

Открытие явления радиоактивности у некоторых химических элементов, особенно урана и тория, заставляет думать, что внутри Земли накапливается тепло от распада радиоактивных элементов. Изучение атомной энергии еще больше подтверждает этот взгляд.



Модель вулкана Везувия с остатками старого кратера:

1 — очаг магмы; *2* — потоки лавы; *3* — конус Везувия; *4* — кратер; *5* — канал, по которому газы и магма поднимаются к кратеру; *6* — слои лавовых потоков, пепла, лапиллей и других рыхлых материалов более ранних извержений; *7* — остатки старого кратера вулкана.

Накопление тепла в Земле на большой глубине раскаляет вещество Земли. Температура поднимается так высоко, что это вещество должно было бы расплавиться, но под давлением верхних слоев земной коры оно удерживается в твердом состоянии. В тех местах, где давление верхних слоев ослабевает вследствие движения земной коры и образовавшихся трещин, раскаленные массы переходят из твердого состояния в жидкое.

Масса расплавленной каменной породы, насыщенная газами, образующаяся глубоко в недрах Земли, называется **магмой**[1]. Под сильным давлением выделяющихся газов магма, расплавляя окружающие породы, прокладывает себе путь и образует жерло, или канал, вулкана. Освобождающиеся газы взрывами расчищают путь по жерлу,

[1] Магма — по-гречески «густая масса».

Несмотря на опасность, геологи спускаются в кратер действующего вулкана.

разламывают твердые горные породы и выбрасывают куски их на большую высоту. Это явление всегда предшествует излиянию лавы и всегда сопровождается землетрясениями в окрестностях вулкана.

Как растворенный в шипучем напитке газ при раскупоривании бутылки стремится выделиться, образуя пену, так и в жерле вулкана пенящаяся магма стремительно выбрасывается освобождающимися из нее газами, распыляя и разрывая на куски раскаленную массу.

Потеряв значительное количество газа, магма выливается из кратера и уже как лава течет по склонам вулкана.

Если магма в земной коре не находит выхода на поверхность, то она затвердевает в виде ж и л в трещинах земной коры. Бывает, что расплавленная магма застывает под землей на большом участке и образует огромное однородное тело, расширяющееся вглубь. Размеры его могут достигать сотен километров в поперечнике. Такие тела застывшей магмы, внедренные в земную кору, называются б а т о л и т а м и[1].

Иногда магма внедряется по трещине, поднимает куполом слои земли и застывает в форме, похожей на каравай хлеба (см. стр. 95). Такое образование называют л а к к о л и т о м. Название «лакколит» происходит от греческих слов «лаккос» — яма и «литос» — камень.

Лава бывает разная по своему составу и в зависимости от этого может быть жидкой или густой и вязкой. Если лава жидкая, то она относительно быстро растекается, образуя на своем пути л а в о п а д ы. Газы, вырываясь из кратера, выбрасывают раскаленные фонтаны лавы, брызги которой застывают в каменные капли — л а в о в ы е с л е з ы. Густая лава течет медленно, ломается на глыбы, нагромождающиеся друг на друга, а газы, выходящие из нее, отрывают от глыб куски вязкой лавы, высоко подбрасывая их. Если сгустки такой лавы при взлете вращаются, то они принимают веретенообразную или шаровидную форму. Такие застывшие куски лавы различной величины называются в у л к а н и ч е с к и м и б о м б а м и. При застывании лавы, переполненной газами, образуется каменная пена — п е м з а. Благодаря своей легкости, пемза плавает на воде и при подводных извержениях всплывает на поверхность моря. Выброшенные при извержении обломки лавы величиной с горошину или лесной орех называются л а п и л л и[2]. Еще более мелкий, рыхлый изверженный материал — вулканический п е п е л. Он падает на склоны вулкана и относится ветром на большое расстояние, постепенно превращается в т у ф. Огромные залежи туфов имеются в Армении. Туф обычно очень легкий, пористый материал, его можно легко распиливать. Он бывает разного цвета — розовый, красный, зеленоватый, серый, фиолетовый. Туфы широко используются как

Разные формы вулканических бомб.

[1] Батос — по-гречески «глубина», литос — «камень».
[2] Лапиллюс — по-латински «камешек».

строительный материал для стен и облицовки домов.

На земном шаре в настоящее время известно несколько десятков действующих вулканов. Бóльшая часть их расположена по берегам Тихого океана, в том числе и наши вулканы на Камчатке.

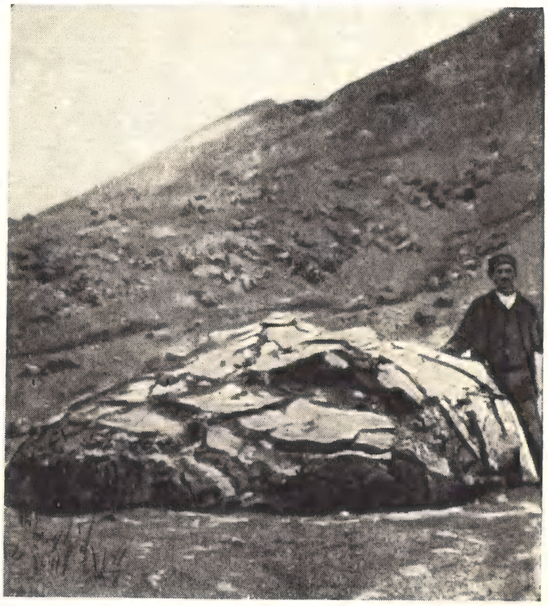
Среди действующих вулканов на Камчатке выделяется Ключевская сопка. Около нее располагается группа потухших вулканов. Один из них — вулкан Безымянный — внезапно пробудился в октябре 1955 г. Сильные извержения Ключевской сопки повторяются через каждые 6—7 лет и продолжаются иногда по нескольку месяцев. Из кратера на вершине конуса выбрасывается раскаленный материал и иногда появляется расплавленная лава. Бывает, что лава пробивает себе новый выход еще где-нибудь на склоне вулкана и оттуда также выбрасываются бомбы и пепел. Вокруг выхода лавы образуется новый, сравнительно невысокий конус. Такие конусы называются паразитными. На склонах Ключевского вулкана их сотни. Лавовые потоки иногда спускаются на десятки километров вниз по склону.

Высота вершины, где находится главный кратер Ключевской сопки, 4750 *м*. На такой высоте образуются мощные ледники, которые при извержении тают, и тогда с горы мчатся стремительные потоки воды.

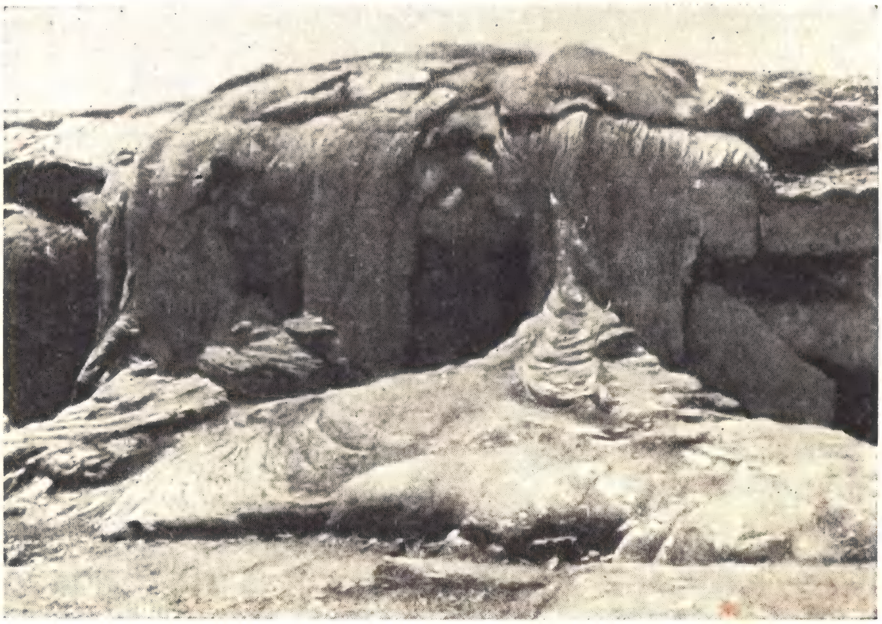
Близ Петропавловска-Камчатского находится действующий вулкан Авача. Около него располагаются потухшие вулканы — Корякская и Козельская сопки. Извержения Авачи происходят значительно реже, чем Ключевской сопки.

К северу от Ключевской сопки расположен вулкан Шивелуч. Из кратера вулкана неоднократно выбрасывался смешанный с горячими газами раскаленный пепел, который в виде клубящейся тучи скатывался по склону вулкана с огромной скоростью.

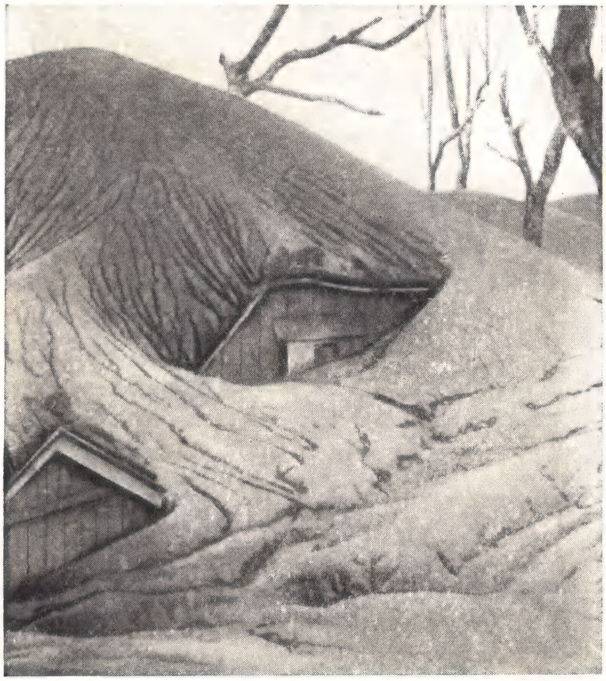
Камчатская вулканическая дуга продолжается к югу на Курильские о-ва, где вулканы поднимаются прямо из моря. На самом северном острове — вулкан Алаид. Его красивый снежный конус поднимается над водой почти на 2,5 *км*. На Курильских о-вах гораздо больше действующих вулканов, чем на Камчатке.



Лавовая бомба типа хлебной корки.



Застывший лавопад.



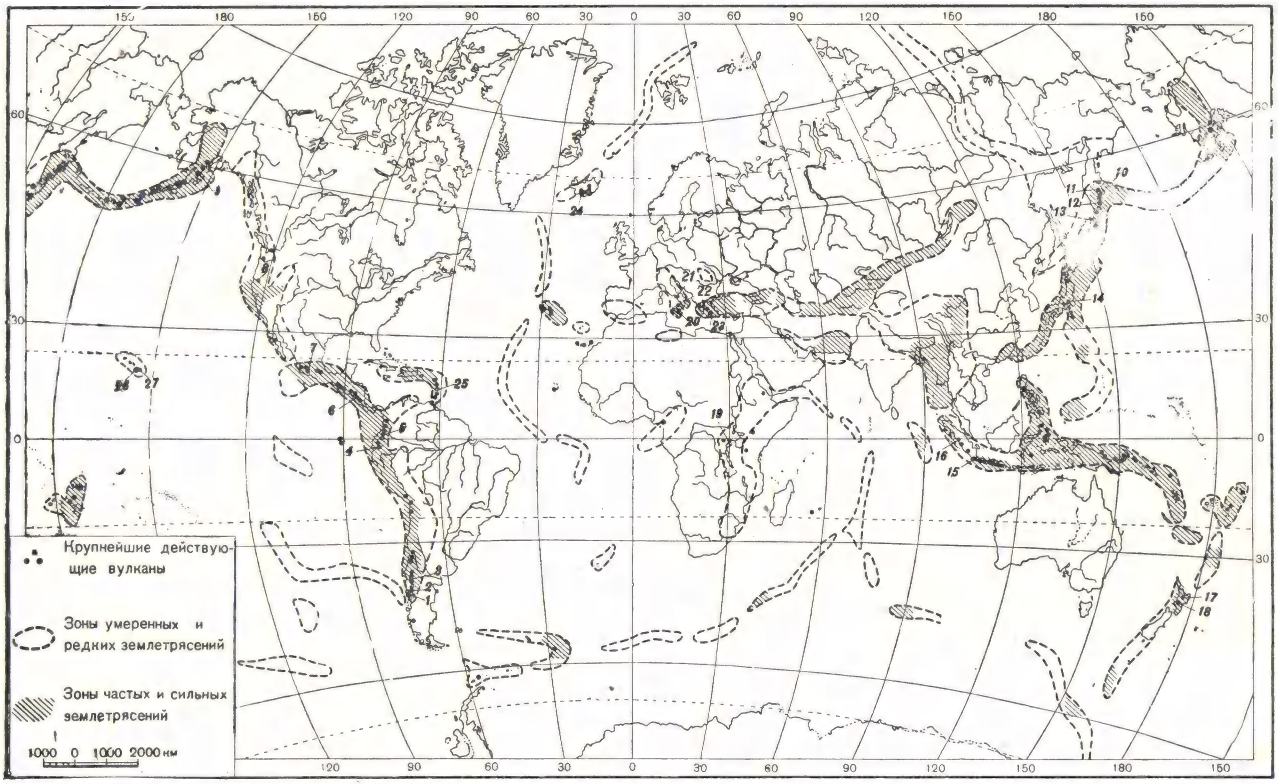
Вулканический пепел засыпал школу в Японии. Бороздки на рыхлой поверхности пепла получились от струй сильного дождя.

На географической карте видно, что Курильские о-ва, расположенные дугой, примыкают к Японии. Подобную же дугу образуют и Японские о-ва с многочисленными вулканами, среди которых красуется знаменитый вулкан Фудзияма. К югу от Японии продолжается такая же дуга Филиппинских и Молуккских вулканических островов. Так по всему Тихоокеанскому берегу Азии располагается целая полоса вулканов, переходящих дальше через Новую Зеландию на материк Америки.

В Южной Америке многочисленные вулканы — Кальбуко, Осорно, Вильяррика, Котопахи, Сангай — увенчивают горные цепи Анд. Много вулканов в Центральной Америке. В Мексике в 1943 г. на ровной пашне образовался новый вулкан, названный именем ближайшей деревни Парикутин. Очевидцем рождения вулкана был сам хозяин пашни — крестьянин индеец из этой деревни. Он пахал свое поле и чувствовал, что почва под ногами день ото дня становится теплее. Потом он увидел, что из борозды поднимаются струи пара, и услышал сильный гул под землей. Перепуганный крестьянин побежал в деревню сообщить об этом «чуде».

Началось землетрясение. Над пашней с взрывом поднялись клубы пара и тучи песка. Высоко взлетали кверху большие камни. Обитатели деревни стали спасаться бегством. В деревне выпал густой пепел. Из образовавшегося отверстия на пашне беспрерывно выбрасывалось множество докрасна раскаленных камней и пепла, образуя вокруг кратера насыпь. Из кратера валил плотными клубами черный дым. Каждые 5—10 секунд сильные взрывы выбрасывали вверх массы камней и куски мягкой раскаленной лавы. Затем потекла лава. Раскаленная масса медленно двигалась по склону вновь образовавшегося вулкана в направлении деревни. Лавовый поток уничтожал на своем пути все живое. Так образовался на глазах людей новый вулкан — Пари-

Ключевская сопка — самый высокий вулкан на Камчатке.



Карта распределения вулканов на земном шаре.

Названия вулканов:

1. Кальбуко	Южн. Америка	10. Ключевская сопка	Камчатка	19. Ньямлагира	Африка
2. Осорно	» »	11. Шивелуч	»	20. Этна	Средиземное море
3. Вильяррика	» »	12. Авача	»	21. Везувий	» »
4. Сангай	» »	13. Алаид	Курильские о-ва	22. Стромболи	» »
5. Котопахи	» »	14. Фудзияма	О-в Хонсю	23. Санторин	» »
6. Ирасу	Центр. Америка	15. Кракатау	Зондские о-ва	24. Гекла	Исландия
7. Парикутин	Мексика	16. Мерапи	Суматра	25. Мон-Пеле	Малые Антильские о-ва
8. Лассен-Пик	Сев. Америка	17. Таравера	Новая Зеландия	26. Килауэа	Гавайские о-ва
9. Катмай	» »	18. Руапеху	» »	27. Мауна-Лоа	» »

кутин (см. рис. на стр. 32). Сильное извержение его продолжалось больше года, но и после этого вулкан не прекращал своей деятельности. Деревня Парикутин была погребена под потоком лавы.

На Тихоокеанском побережье Северной Америки вулканы уже почти потухли. Здесь слабо действует только вулкан Лассен-Пик. От Аляски к Камчатке тянутся дугой Алеутские о-ва, где много действующих вулканов.

Проследив по карте распределение вулканов на Тихом океане, можно увидеть, что океан опоясан вулканами. Они образуют, как говорят, «огненный пояс».

В центральной части Тихого океана, на Гавайских о-вах, находится особого типа вулкан Килауэа. На дне его широкого плоского кратера — кальдéры, около 5 *км* в поперечнике, среди застывших глыб черной лавы — огненное озеро шириной 700—800 *м*. Оно всегда заполнено расплавленной лавой. Выделяющиеся из расплавленной лавы газы приводят ее в постоянное движение. Ночью это очень красивое зрелище. Поверхность озера, остывая, покрывается каменной коркой, которая прорывается выделяющимися газами и образует подвижную сеть извилистых огненных трещин. Среди них время от времени поднимаются фонтаны огненно-жидкой лавы. Уровень лавового озера то понижается, то повышается. Иногда лава переполняет кратерное озеро, переливается через края и растекается по всей кальдере. Лава гавайских вулканов очень жидкая.

Вулкан Парикутин через 8 месяцев после возникновения в 1943 г.

Кратер вулкана Килауэа. В середине озеро, заполненное лавой.

Вулкан Кракатау, возобновивший в 1927 г. свою деятельность после 44 лет покоя. На месте почти исчезнувшего старого вулкана образовался новый вулканический остров — Анак-Кракатау.

Так было видно из Неаполя извержение Везувия в 1944 г. Взрывы с огромной силой выбрасывали густые тучи газов и горячего пепла. По склону спускались раскаленные потоки лавы, которые разрушили несколько деревень.

Таких вулканов с лавовыми озерами в кратерах на земном шаре мало: рядом с Килауэа находится кратер Мауна-Лоа, а на материке Африки, почти на экваторе,— вулкан Ньямлагира с таким же пылающим озером в кратере.

Между Азией и Австралией на Больших Зондских о-вах располагаются многочисленные действующие вулканы.

В Зондском проливе находится вулканический остров Кракатау, имеющий вид полумесяца. Жерло вулкана скрыто под водой, и выступают только края кратера. В 1883 г. при извержении вулкана произошел грандиозный взрыв. Бóльшая часть горы обрушилась в море, и волнение было так сильно, что огромные волны были замечены на всех океанах земного

Извержение вулкана Авача на Камчатке.

Долина гейзеров на Камчатке.

шара. Морские волны высотой с десятиэтажный дом произвели опустошающие разрушения на берегах Явы и Суматры и докатились даже до берега Южной Америки, а тонкая вулканическая пыль, выброшенная при извержении вулкана Кракатау, окутала всю Землю.

Среди Антильских о-вов в Атлантическом океане есть остров Мартиника со страшным вулканом Мон-Пеле. В 1902 г. при извержении Мон-Пеле из кратера вырвалась огромная туча из раскаленных газов и тонкого пепла. Со страшной скоростью она катилась по склону горы, оставляя на своем пути опустошение и смерть.

В течение нескольких минут цветущий город Сен-Пьер у подножия Мон-Пеле был уничтожен. Погибло 30 тыс. жителей, т. е. все население города!

При этом извержении лава не изливалась.

На севере Атлантического океана находится о-в Исландия с большими действующими вулканами, изливавшими в разное время огромное количество жидких лав. Среди вулканов Исландии широко известен действующий вулкан Гекла.

В Средиземном море известны с давних времен вулканы Этна, Везувий, Стромболи, Вулькано.

Сильное извержение Везувия в 79 г. произошло неожиданно; до этого времени Везувий считали простой горой, а не вулканом. После извержения вся цветущая растительность исчезла под обломками и потоками грязи. Куски выброшенных камней и пепел покрыли склоны и окрестности Везувия, при этом погибли три города — Помпея, Геркуланум и Стабия,— затопленные грязевыми потоками и засыпанные пеплом. Только через семнадцать столетий, когда люди забыли уже об исчезнувших городах, случайно, при рытье колодца, были найдены мраморные статуи греческих богов. Вскоре начались раскопки, и археологи обнаружили погребенный город Помпею, а затем и два других. С тех пор Везувий извергался много раз и подробно исследован учеными.

Сильное извержение Везувия происходило в 1944 г., при этом пострадали его окрестности. Лава двигалась с большой скоростью, достигавшей 5 *км* в сутки.

Своеобразный непрерывнодействующий вулкан Стромболи на одном из Липарских о-вов представляет собой поднимающуюся из моря коническую гору, всегда с облачком дыма на вершине. Из его кратера через более или менее правильные промежутки времени вырывается столб паров, сопровождающийся взрывом. Одновременно выбрасываются куски вязкой раскаленной лавы и камни. Ночью при каждом взрыве раскаленная лава освещает облака паров ярко-красным пламенем, затем зарево постепенно бледнеет и через некоторое время снова разгорается до прежней яркости. Это явление видно на далеком расстоянии; оно служит маяком для мореплавателей в ближайшем районе Средиземного моря.

На восток от Средиземного моря разбросаны широкой полосой потухшие вулканы Малой Азии и Кавказского хребта: Арарат, Казбек и Эльбрус.

С вулканической деятельностью связаны г е й з е р ы, г о р я ч и е к л ю ч и и м и н е р а л ь н ы е и с т о ч н и к и.

Большой и Малый Арарат. Покрытая вечным снегом вершина Большого Арарата поднимается на 5156 м над уровнем моря.

ЧТО ТАКОЕ ГЕЙЗЕР

Гейзеры, горячие ключи и минеральные источники — последние отголоски грозной вулканической деятельности.

Гейзеры — замечательное и своеобразное явление природы. Это кипящие источники, в которых через определенные промежутки времени происходят извержения кипятка. Со взрывом и грохотом огромный столб кипящей воды, окутанный густыми клубами пара, взлетает вверх большим фонтаном, рассыпаясь на высоте иногда до 80 *м*.

Фонтан бьет некоторое время, затем вода исчезает, клубы пара рассеиваются, и наступает состояние покоя.

Некоторые гейзеры выбрасывают воду совсем невысоко или только разбрызгивают, а есть горячие источники, похожие на лужи, в которых вода кипит пузырями. Обычно вокруг гейзера есть бассейн или неглубокий кратер, поперечник которого бывает в несколько метров. Края такого бассейна и прилегающей к нему площадки покрыты отложениями содержащегося в кипятке кремнезема. Эти отложения называются гейзеритом. Около некоторых гейзеров образуются конусы из гейзерита высотой от нескольких сантиметров до нескольких метров.

Извержение гейзера «Старый служака» в Йеллоустонском национальном парке (Северная Америка).

Тотчас после извержения гейзера освобождается от воды бассейн, и на дне его можно увидеть канал (жерло), заполненный водой, уходящий глубоко под землю.

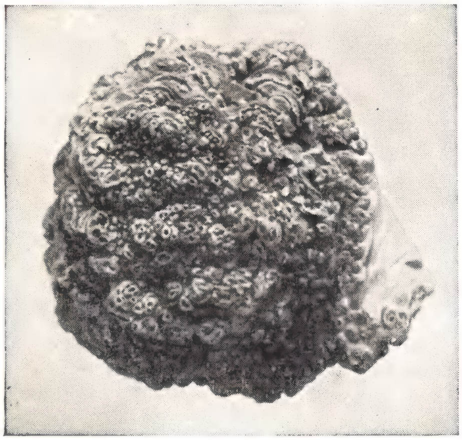
Перед началом извержения вода поднимается, медленно заполняет бассейн, бурлит, выплескивается, затем со взрывом высоко взлетает фонтан кипятка. Через некоторое время извержение прекращается.

Гейзеры — очень редкое и одно из самых красивых явлений природы. Его можно наблюдать у нас в СССР (на Камчатке), в Исландии, в Новой Зеландии и в Северной Америке. Небольшие одиночные гейзеры встречаются в некоторых других вулканических областях.

В восточной части Камчатки, южнее Кроноцкого озера, много гейзеров в долине р. Гейзерной. Она берет свое начало на безжизненных склонах потухшего вулкана Кихпиныч, а в нижнем течении образует долину до 3 *км* шириной. На уступах склонов этой широкой долины располагается множество горячих ключей, горячие и теплые озерки, грязевые котлы и гейзеры.

Здесь известно около 20 крупных гейзеров, не считая мелких, выплескивающих воду всего на несколько сан-

тиметров. Около некоторых гейзеров почва теплая, а иногда даже горячая. Многие гейзеры окружены натеками разноцветного гейзерита причудливых форм, похожих на красивые искусственные решетки. Иногда гейзерит покрывает площади в несколько десятков квадратных метров. Так, например, около самого большого камчатского гейзера — «Великана», выбрасывающего огромный фонтан на высоту в несколько десятков метров, образовалась площадка гейзерита примерно в гектар. Она вся покрыта натеками в виде маленьких каменных розочек серовато-желтого цвета. Эта площадка спускается к реке красивыми ступенями.



Гейзерит.

Неподалеку находится гейзер «Жемчужный», названный так по форме и цвету отложений гейзерита с перламутровым отливом, похожим на жемчуг. Есть гейзер «Сахарный» с обильными и красивыми отложениями нежно-розового гейзерита. Это пульсирующий источник, вода из него не выбрасывается фонтаном, а выплескивается равномерными толчками.

Гейзер «Первенец» находится на каменистой горячей площадке почти на самом берегу р. Шумной, недалеко от устья р. Гейзерной. Бассейн «Первенца», около полутора метров в диаметре и столько же глубиной, окружен крупными глыбами камней. Если заглянуть в бассейн тотчас после извержения, можно увидеть, что в нем совершенно нет воды и на дне находится отверстие, или канал, косо уходящий в глубину. Через некоторое время из-под земли доносится гул, похожий на шум мотора, по каналу начинает подниматься вода, постепенно наполняя бассейн. Она кипит, доходит до краев бассейна, поднимается все выше и выше, выплескивается и наконец со взрывом вырывается. Косо направленный столб кипятка, окутанный густыми облаками пара, поднимается с грохотом на высоту не менее чем 15—20 метров. Мощный фонтан бьет две-три минуты, затем наступает тишина, пар рассеивается, и в опустевший бассейн можно опять заглянуть без риска. Через небольшой промежуток времени снова слышится гул и гейзер опять начинает действовать. Этот процесс длится иногда многие столетия.

Исландия с давних пор славится своими горячими источниками, кипящими реками и гейзерами. В долинах почти всех рек Исландии видны поднимающиеся облачка паров от кипящих ключей и гейзеров. Они особенно многочисленны в юго-западной части острова. Там интересно посмотреть знаменитый «Большой Гейзер». Он имеет бассейн диаметром около 18 *м*. Гладкое дно бассейна в центре переходит в округлое жерло около 3 *м* в диаметре, по форме похожее на раструб пионерского горна. Канал гейзера уходит на большую глубину, соединяясь под землей трещинами с пещерами, периодически наполняющимися горячей водой и паром. Температура воды в гейзере на поверхности до 80°, а в канале на некоторой глубине до 120°.

Извержение «Большого Гейзера» очень своеобразно и красиво. Оно повторяется через каждые 20—30 часов и длится 2,5—3

Кратер «Большого Гейзера» (Исландия). Извержение только что кончилось, и кратер пустой, но чаще кратер и плоский бассейн наполнены горячей водой.

«Большой Гейзер» во время самого сильного извержения. Высота фонтана достигает 30 м.

Извержение гейзера «Жемчужный» (Камчатка).

часа. Подземный грохот, взрывы и легкое колебание почвы возвещают о наступающем извержении «Большого Гейзера». Вода в переполненном бассейне бурлит, выплескивается и переливается через края, стекая ручьями по конусу. Вдруг раздается сильный взрыв, и мощный фонтан кипятка взлетает на огромную высоту, бьет некоторое время и исчезает. Не успеет рассеяться пар, как вылетает еще более мощный и высокий столб кипятка, за ним еще и еще. «Большой Гейзер» фонтанирует на высоту до 30 *м*. Постепенно высота фонтана убывает, и наконец гейзер совсем стихает, только густой пар окутывает конус.

Суровая природа Исландии заставляет жителей использовать некоторые горячие источники для орошения полей.

На обогретых почвах выращивают овощи и злаки. Горячую воду источников применяют и для отопления домов в городах и поселках. Так, например, столица Исландии Рейкьявик полностью отапливается водами горячих источников.

На Северном о-ве Новой Зеландии вулканическая деятельность в значительной степени прекратилась, последствием ее остались горячие источники, гейзеры и струи паров. До 1904 г. здесь действовал гейзер «Ваймангу». Это был самый большой гейзер в мире. Во время сильного извержения его струя выбрасывалась в воздух на 450 *м*. Но теперь этот гейзер совершенно исчез. Объясняют это снижением на 11 *м* уровня воды в ближайшем озере Таравера.

На берегу оз. Вайкато есть гейзер «Кроус-Нест» («Воронье гнездо»), извержение которого зависит от уровня воды в озере. Если вода стоит высоко, то гейзер извергается каждые

40 минут; если уровень воды низкий, то извержение происходит через 2 часа.

Многочисленные и разнообразные горячие источники и гейзеры находятся в Северной Америке на границе штатов Вайоминг и Монтана. Это живописное место называется Йеллоустонским национальным парком. Оно представляет собой высокое плоскогорье, изрезанное глубокими долинами рек и впадинами озер, окруженное высокими снежными хребтами Скалистых гор.

Несколько миллионов лет назад здесь происходили очень сильные вулканические извержения, следом которых и остался этот удивительный уголок природы. Из 200 гейзеров, находящихся в Йеллоустонском парке, самым знаменитым считается гейзер «Старый Служака», названный так за правильность, с которой он извергается. Гейзер действует регулярно через каждые 53—70 минут; огромный фонтан поднимается на высоту до 50 *м*.

Считают, что при каждом извержении этот гейзер выбрасывает примерно 50 тыс. литров кипятка. В течение многих сотен лет он не прекращает своей деятельности, так же как и некоторые другие гейзеры и горячие источники Йеллоустонского парка.

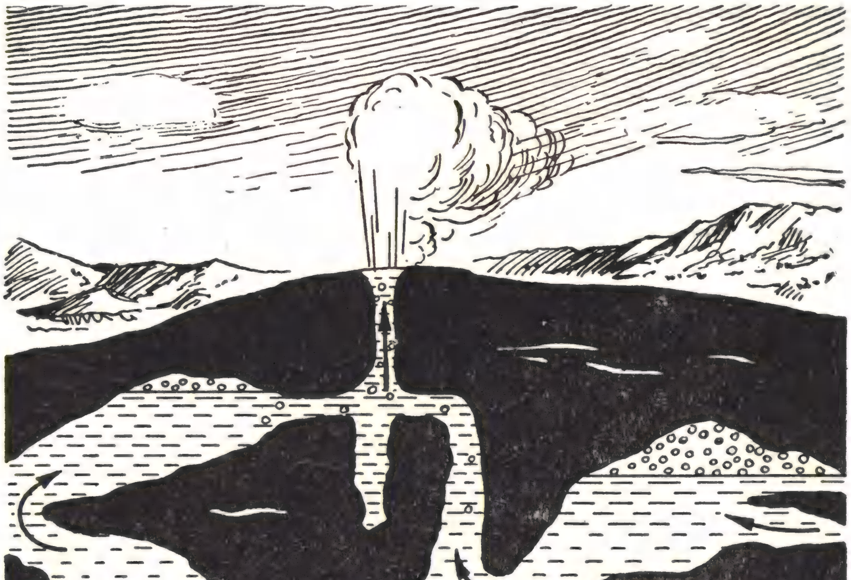
Представьте себе, какое огромное количество тепла приносится этими гейзерами и горячими источниками на поверхность Земли! Предполагают, что тепло всех источников Йеллоустонского парка может расплавить около 3 *Т* льда в секунду.

Откуда же берется это тепло?

Гейзеры бывают в районах, где недалеко от поверхности залегает неостывшая магма. Выделяющиеся из нее газы и пары, поднимаясь, проходят длинный путь по трещинам. При этом они смешиваются с подземными водами, нагревают их и сами переходят в горячую воду с растворенными в ней различными веществами. Такая вода и выходит на поверхность земли в виде бурлящих горячих ключей, различных минеральных источников, гейзеров и т. п.

Ученые предполагают, что под землей гейзер состоит из пещер (камер) и соединяющих их проходов и трещин (каналов), встречающихся в застывших лавовых потоках. Эти пустоты заполняются циркулирующими подземными водами, на небольшой глубине от которых находятся неостывшие магматические очаги.

Извержение гейзеров происходит по-разному, в зависимости от величины подземных камер, от формы каналов и расположения трещин, от количества и скорости притока в них грунтовых вод и от поступления тепла из глубины. Из физики известно, что точка кипения воды при давлении в 1 атмосферу на уровне моря равна 100°. Если давление увеличивается, то температура кипения повышается, а при уменьшении давления она понижается. Давление столба воды в канале гейзера повышает точку кипения воды на дне канала. Вода при нагревании ее снизу приходит в движение; нагретый нижний слой воды делается легче и поднимается на поверхность, а более холодная вода с поверхности опускается вниз, где, со-



Гейзер в разрезе. Штрихами показана вода, а кружками — газы.

Гейзер «Часы» (Камчатка). Регулярно, через каждые 4 минуты, он выбрасывает кипящую струю воды температурой более 120°. Фонтан действует 1 минуту.

греваясь, в свою очередь, поднимается, и т. д. Таким образом, пары и газы, беспрерывно просачивающиеся по трещинам из глубины, согревают воду, доводя до кипения. Если канал гейзера широкий и имеет более или менее правильную форму, вода, перемещаясь (циркулируя), перемешивается, закипает и выплескивается на поверхность в виде горячего источника. Если же канал извилистый и узкий, вода не может смешиваться и нагревается неравномерно. Вследствие давления сверху столба воды, внизу вода оказывается перегретой и не превращается в пар. Пар выделяется отдельными пузырями. Накапливаясь внизу, сжатый пар стремится расшириться, давит на верхний слой воды в канале и поднимает ее настолько, что она выплескивается на поверхность земли, поднимаясь небольшими фонтанами — предвестниками извержения. Выплескивание воды уменьшает вес столба воды в канале; следовательно, давление на глубине понижается, и перегретая вода, находясь выше точки кипения, мгновенно превращается в пар.

Давление пара снизу так велико, что выталкивает воду из канала в виде огромных фонтанов кипятка и клубов пара. Величина фонтанов гейзеров и характер их действия зависят от величины и расположения подземных камер, каналов и силы давления пара.

ПОЧЕМУ БЫВАЮТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

«В 5 часов 20 минут земля вздрогнула; ее первая судорога длилась почти десять секунд: треск и скрип оконных рам, дверных колод, звон стекол, грохот падающих лестниц разбудили спящих: люди вскочили, ощущая всем телом эти подземные толчки... Качались стены, срываясь, падали полки, посуда, картины, зеркала, изгибался пол, мебель тряслась, двигаясь по комнате, опрокидывались шкафы, подпрыгивали столы... Как бумажный, разрывался потолок, сыпалась штукатурка... В темноте все качалось, падало, с треском проваливаясь в какие-то вдруг открывшиеся пропасти... Земля глухо гудела, стонала, горбилась под ногами и волновалась, образуя глубокие трещины... Вздрогнув и пошатываясь, здания наклонялись, по их белым степам, как молния, змеились трещины, и стены рассыпались, заваливая узкие улицы и людей среди них тяжелыми грудами острых кусков камня...

Все море качается, как огромная чаша, готовая опрокинуться на остатки города... Кажется, что вот сейчас вся смятенная масса его выплеснется на землю до последней волны и капли...

Поднялась к небу волна высотой неизмеримой, закрыла грудью половину неба и, качая белым хребтом, согнулась, переломилась, упала на берег и страшной тяжестью своей покрыла трупы, здания, обломки, раздавила, задушила живых и, не удержавшись на берегу, хлынула назад, увлекая с собой все схваченное...»

Так Алексей Максимович Горький описывал события, происшедшие в итальянском городе Мессине 28 декабря 1908 г.

Что же было причиной этой катастрофы?

Представьте себе стол, на котором построена игрушечная страна, насыпаны песчаные горы, вместо озера врыта в песок сковородка с водой; у подножия горы сложен целый город из кубиков. Как можно сразу разрушить все это сооружение? Если сильно подуть, наш «ураган» лишь всколыхнет поверхность воды да отвалит от домов один-два кубика. Если кидать на стол камешки, развалится только часть построек. В несколько секунд разрушить всю игрушечную страну можно только одним способом — сильно ударив по столу. Разрушения произойдут, если нанести удар не сверху, а снизу, даже не прикасаясь ни к одной из игрушечных построек. Значит, главной причиной «катастрофы» будет вызванное ударом сотрясение стола.

Точно так же встряхнуть и разрушить настоящие здания в большом городе, расплескать озера и реки, рассечь поверхность огромными трещинами могут только сильные толчки и сотрясения самой земли.

ЧТО ПРОИСХОДИТ ПРИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Землетрясение начинается с разрыва и перемещения горных пород в каком-нибудь месте в глубине Земли. Это место называется очагом землетрясения или г и п о ц е н т р о м. Глубина его обычно бывает не больше 100 *км*, но иногда доходит и до 700 *км*. Иногда очаг землетрясения может быть и у поверхности земли. В таких случаях, если землетрясение сильное, мосты, дороги, дома и другие сооружения оказываются разорванными и разрушенными.

Участок земли, в пределах которого на поверхности, над очагом, сила подземных толчков достигает наибольшей величины, называется э п и ц е н т р о м.

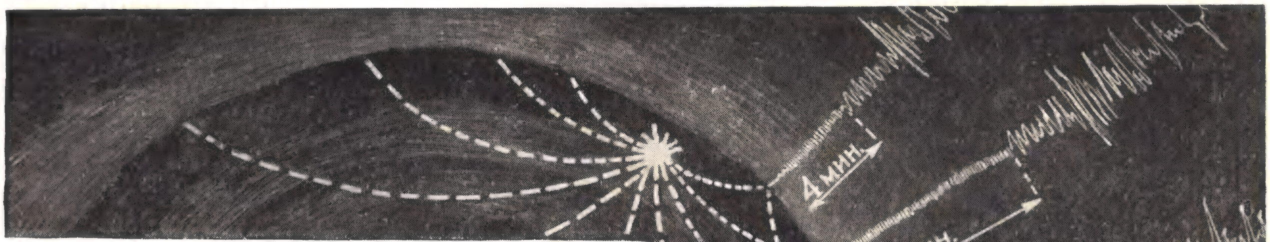
В одних случаях пласты земли, расположенные по сторонам разлома, надвигаются друг на друга. В других — земля по одну сторону разлома опускается, образуя сбросы. В местах, где они пересекают речные русла, появляются водопады. Своды подземных пещер растрескиваются и обрушиваются. Бывает, что после землетрясения большие участки земли опускаются и заливаются водой. Подземные толчки смещают со склонов верхние, рыхлые слои почвы, образуя обвалы и оползни. Во время землетрясения в Калифорнии в 1906 г. образовалась глубокая трещина на поверхности. Она протянулась на 450 *км*.

Понятно, что резкое перемещение больших масс земли в очаге должно сопровождаться ударом колоссальной силы.

За год люди могут ощущать около 10 000 землетрясений. Из них примерно 100 бывают разрушительными. Современные точные при-

Улица Гарибальди в городе Мессине до землетрясения.

Та же улица после землетрясения.



боры фиксируют более 100 000 землетрясений ежегодно.

Удар вызывает сотрясение слоев горных пород вокруг очага, расходящееся в виде волн, так же как волны расходятся от брошенного в воду камня. Но вода быстро успокаивается, и даже после самой сильной бури на ее поверхности не сохраняется никаких следов. На земной же поверхности сотрясения не всегда проходят бесследно. От очень сильных сотрясений поверхность Земли может изгибаться, растрескиваться, вспучиваться.

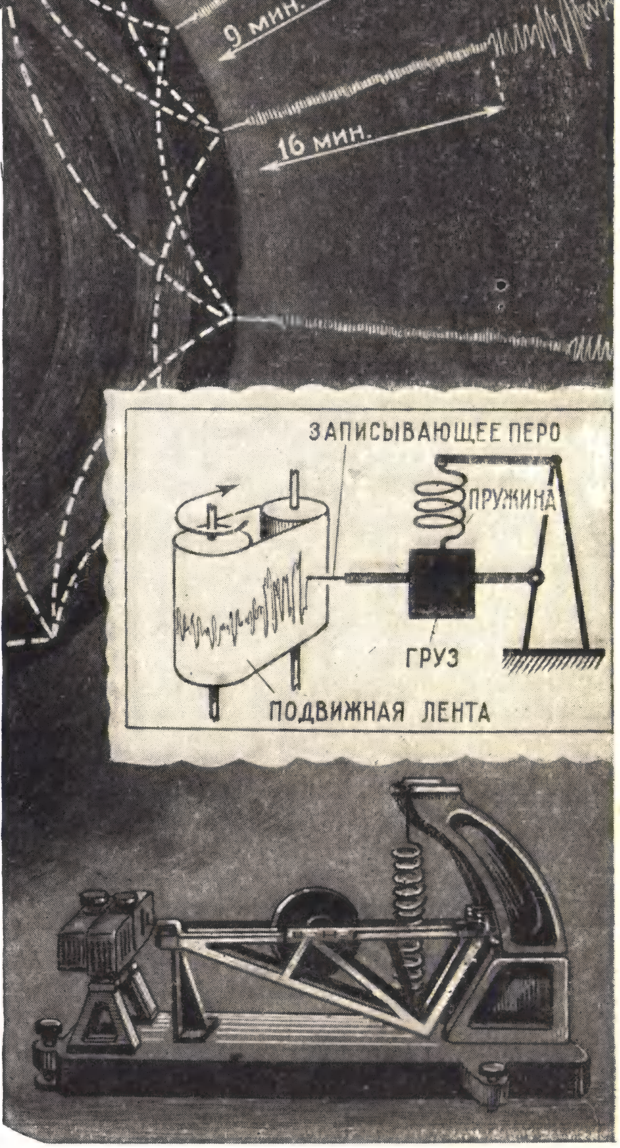
Большие разрушения от землетрясений обычно происходят в рыхлых и неустойчивых горных породах.

Постройки при сильных подземных толчках разрушаются за несколько секунд. Катастрофические землетрясения редко дают больше двух-трех коротких, но сильных толчков. Только слабые, уже неопасные повторные толчки еще долго тревожат перепуганных жителей. Конечно, чем дальше от эпицентра, тем слабее сотрясение почвы. На больших расстояниях они вообще незаметны.

Нередко очаг землетрясения скрывается под морским дном, и на море возникают огромные волны. Например, во время Лиссабонского землетрясения в 1755 г. на берег Португалии обрушилась волна высотой в 12 *м*, а сильное волнение наблюдалось даже у берегов Южной Америки, по другую сторону Атлантического океана. Большинство же подземных толчков очень слабо, и о них знают лишь сейсмологи [1] — ученые, специально изучающие сотрясения земли. Катастрофы, вроде Мессинской или Калифорнийской, случаются довольно редко.

Силу землетрясений определяют баллами. Ученые составили специальную таблицу для определения силы землетрясений в баллах (см. стр. 43).

[1] Сейсмос — по-гречески «трясение, колебание, землетрясение», логос — «наука».



Распространение сейсмических волн внутри земного шара (показано пунктирными линиями). Чем ближе к очагу землетрясения, или гипоцентру, тем скорее реагирует на него сейсмограф. Записи сейсмографов в различных точках земной поверхности показаны зигзагообразными линиями. Посредине — схема, показывающая действие сейсмографа; внизу — общий вид сейсмографа.

ГДЕ И ПОЧЕМУ БЫВАЮТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Многие из вас, наверное, уже подумали: «А не может ли случиться сильное землетрясение там, где я живу?»

Проф. Г. П. Горшков составил специальную карту, на которой показано, какой силы землетрясения бывают и могут быть в разных районах нашей страны. Большей части Советского Союза разрушительные землетрясения не угрожают. Они происходят главным образом в горных районах: в Карпатах, в Крыму, на Кавказе и в Закавказье, в горах Памира, Копет-Дага, Тянь-Шаня, Западной и Восточной Сибири, Прибайкалье, на Сахалине, а также на Камчатке и Курильских о-вах. Объясняется это тем, что в таких местах земная кора отличается подвижностью, неустойчивостью. Это области «молодых» горных сооружений. Таким образом, землетрясения связаны с процессами горообразования. Они возникают при образовании сбросов, сдвигов и других разрывов земной коры. Такие землетрясения называются тектоническими. К ним относится большая часть землетрясений.

Бывают еще и вулканические землетрясения. Лава и раскаленные газы, бурлящие в недрах вулканов, могут толкать и давить на верхние слои земли, как пары кипящей воды на крышку чайника. Такие землетрясения бывают, например, на Камчатке и Курильских островах. Они довольно слабы, но продолжаются долго, иногда недели и даже месяцы.

Сотрясения земли могут быть также вызваны обвалами и большими оползнями. Так возникают местные обвальные землетрясения.

Последствия землетрясения в 1911 г. в районе Верного (Алма-Ата). Образовались глубокие трещины.

КАК ИЗУЧАЮТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Примерно через двадцать минут после сильного землетрясения о нем могут узнать сейсмологи всего земного шара. Для этого не нужно ни радио, ни телеграфа. Землетрясение само сообщает о себе.

Как это происходит? При землетрясении перемещаются, колеблются частицы горных пород. Они толкают соседние частицы, которые передают толчок еще дальше в виде упругой волны.

Таким образом, сотрясение как бы передается по цепочке и расходится в виде упругих волн во все стороны; постепенно, по мере удаления, волна ослабевает.

Представление о таких упругих волнах

После землетрясения в Японии в 1891 г. на ровном поле, по которому проходила дорога, образовался уступ высотой в 6 м (см. схему на стр. 42).

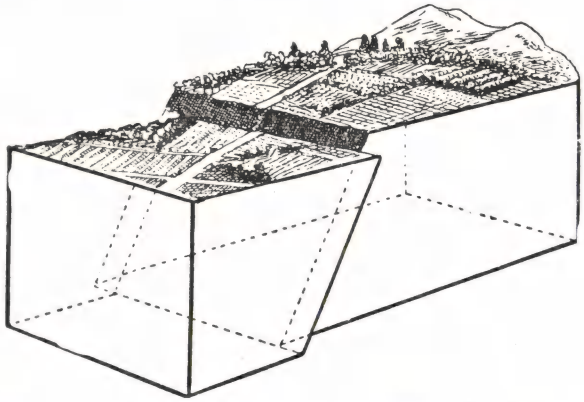


Схема показывает, как сместилась дорога и образовался уступ после землетрясения в Японии.

может дать грузовик, когда он идет по неровной улице. Упругие волны вызывают сотрясения ближайших домов. Известно, например, что упругие волны передаются по рельсам далеко вперед от мчащегося поезда, наполняя рельсы ровным, чуть слышным гулом.

Упругие волны, возникающие при землетрясении, называются с е й с м и ч е с к и м и. Самые быстрые из них распространяются в поверхностных слоях Земли со скоростью от 5 до 8 *км/сек*.

ЗАПИСЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Когда вы стоите в автобусе, то при рывке машины с места вы падаете назад, а при резком торможении — вперед. Почему это происходит?

В результате землетрясения в Сан-Франциско дорога сместилась в сторону.

Когда автобус резко трогается, ваше тело стремится сохранить состояние покоя. Ноги, опирающиеся на пол автобуса, «выезжают» из-под вас, и вы падаете назад. Свойство сохранять первоначальное состояние покоя или равномерного движения называется инерцией. Это же свойство инерции используется и в особом приборе — сейсмографе, отмечающем землетрясения. Главная часть сейсмографа — маятник — представляет собой груз, подвешенный, как в маятнике стенных часов или на пружине, как на безмене. Когда почва колеблется, груз маятника сейсмографа отстает от ее движения. Если к грузу маятника прикрепить иглу и к ней прижать закопченное стекло так, чтобы игла лишь соприкасалась с его поверхностью, получится наиболее простой сейсмограф, которым пользовались раньше. Почва, а вместе с ней и стеклянная пластинка, колеблются, груз маятника и игла остаются неподвижными, и игла чертит на закопченной поверхности кривую колебания земли.

Если вместо иглы к грузу маятника прикрепить зеркало и направить на него луч света, то отраженный луч — «зайчик» — будет воспроизводить колебания почвы в увеличенном виде. Такой «зайчик» направляют на равномерно движущуюся ленту фотобумаги; после проявления на этой ленте можно видеть записанные колебания — кривую колебаний земли во времени.

Замечательное достижение науки — электрический сейсмограф для записи малейших колебаний почвы. Его изобрел академик Б. Б. Голицын. Этот прибор регистрирует землетрясения, происходящие на расстоянии до 20 000 *км*. Так, например, сейсмографы Голицына, установленные на сейсмической станции «Москва», отмечают колебания от землетрясений, происходящих в Южной Америке или Антарктике.

Если очаг землетрясения находится в предгорьях Памира на расстоянии около 3000 *км* от Москвы, то через несколько минут после начала землетрясения упругие волны дойдут до Москвы.

Запись сотрясений почвы называется с е й с м о г р а м м о й. Акад. Б. Б. Голицын изобрел способ, как по сейсмограмме даже одной станции узнать, где происходило землетрясение.

На сейсмических станциях приборы работают день и ночь, следя за сейсмическими волнами — вестниками далеких и близких подземных толчков. В Советском Союзе имеется около девяноста хорошо оборудованных сейсмических станций.

Сила в баллах	Характеристика землетрясения
1	Не ощущается. Отмечается только специальными приборами.
2	Очень слабое. Ощущается только очень чуткими домашними животными и некоторыми людьми в верхних этажах зданий.
3	Слабое. Ощущается только внутри некоторых зданий, как сотрясение от грузовика.
4	Умеренное. Слышен скрип половиц, балок, звон посуды, дрожание мебели. Внутри здания сотрясение ощущается большинством людей.
5	Довольно сильное. В комнатах чувствуются толчки, как от падения тяжелых вещей. Хлопают двери. Лопаются оконные стекла, качаются люстры и мебель, останавливаются стенные часы. Качаются тонкие ветки деревьев. Ощущается многими людьми и вне зданий.
6	Сильное. Качается тяжелая мебель, бьется посуда, падают с полки книги, иногда трескается штукатурка. Разрушаются только очень ветхие здания. Ощущается всеми людьми.
7	Очень сильное. Разрушаются плохо построенные и ветхие дома. В крепких зданиях появляются небольшие трещины, осыпается штукатурка. Изменяется уровень воды в колодцах. В реках и озерах мутнеет вода. Иногда наблюдаются оползни и осыпи.

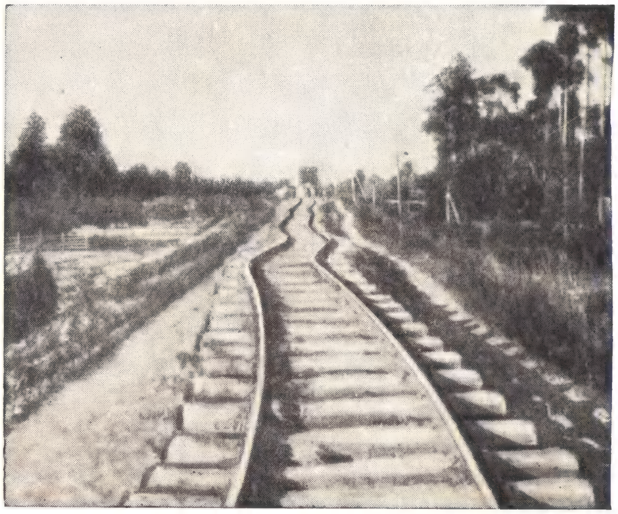
Сила в баллах	Характеристика землетрясения
8	Разрушительное. Деревья сильно раскачиваются, часть их ломается. Разваливаются прочные каменные ограды, падают фабричные трубы. Разрушаются многие крепкие здания. На почве появляются трещины.
9	Опустошительное. Дома разрушаются. Появляются значительные трещины на почве.
10	Уничтожающее. Разрушаются хорошо построенные деревянные дома и мосты, крепкие здания и даже фундаменты. Разрываются водопроводные и канализационные трубы. Повреждаются насыпи, плотины и дамбы. Возникают оползни и обвалы, трещины и изгибы в почве. Из рек и озер выплескивается вода.
11	Катастрофа. Почти все каменные постройки разваливаются. Разрушаются дороги, плотины, насыпи, мосты. Образуются широкие трещины со сдвигами.
12	Сильная катастрофа. Разрушаются все сооружения. Отдельные предметы подбрасываются при толчках. Преображается вся местность. Изменяются русла рек. Образуются водопады. На поверхности грунта видны земляные волны.

Акад. Б. Б. Голицын сравнивал каждое землетрясение с фонарем, который зажигается на короткое время и освещает внутренность Земли. Сейсмические волны проходят внутри земного шара в тех местах, которые недоступны наблюдению. Все, что они встречают на пути, так или иначе их изменяет. Скорость распространения упругих волн зависит от плотности и твердости пород внутри Земли.

Расшифровать сейсмограмму, прочитать рассказы сейсмических волн о том, что они встретили в глубине Земли,— сложная, но увлекательная задача.

МОЖНО ЛИ ОСЛАБИТЬ ВРЕДНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Катастрофические землетрясения надолго остаются в памяти людей как страшное, непоправимое несчастье. Во время грандиозного



В результате землетрясения произошло искривление железнодорожных рельсов.

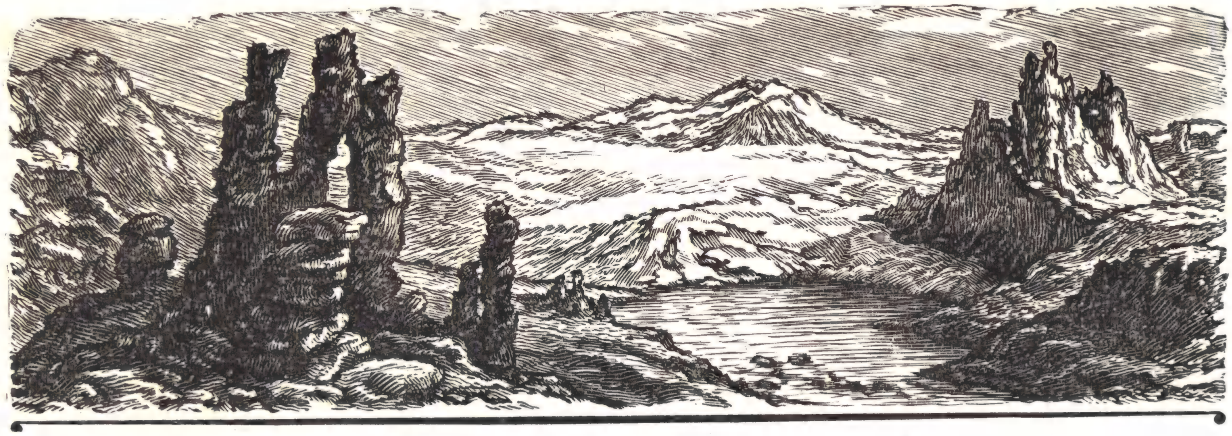
японского землетрясения 1923 г. погибло свыше 90 тыс. человек. При индийском землетрясении 1897 г. были разрушены все каменные дома на площади, почти втрое превышающей площадь Крыма. К счастью, в нашей стране не бывает таких опустошительных катастроф, но иногда в некоторых местностях случаются разрушительные землетрясения.

В Крыму последнее сильное землетрясение было в 1927 г. В 1948 г. сильное землетрясение было вблизи столицы Туркмении г. Ашхабада. В 1949 г. крупное землетрясение произошло на Северном Памире. В 1950 и 1957 гг. землетрясения были в районе озера Байкала.

В капиталистических странах люди, пострадавшие от землетрясения, остаются почти без всякой помощи. В Советском Союзе жители тех мест, где случилось землетрясение, сразу же чувствуют заботу советского народа и правительства. После Ашхабадского землетрясения в Туркмению были посланы на самолетах сотни врачей; продовольствие и лекарства раздавали населению бесплатно.

Смягчать последствия уже случившегося несчастья необходимо, но этого еще недостаточно. В местностях, которым угрожают землетрясения, нужно строить особенно прочные здания. Землетрясение — строгий экзаменатор. Оно проверит, хорошо ли построены дома и какой вид зданий устойчивее. Изучая последствия землетрясений, инженеры Японии, США и нашей страны придумали много способов сооружать особенно устойчивые здания, способные выдерживать довольно сильные подземные толчки.

Не менее важно научиться предсказывать землетрясения. Это трудно, потому что они зарождаются в недоступных глубинах Земли и силы, вызывающие их, накапливаются очень медленно. Несмотря на это, несомненно, что ученые в будущем научатся предсказывать время наступления землетрясения.



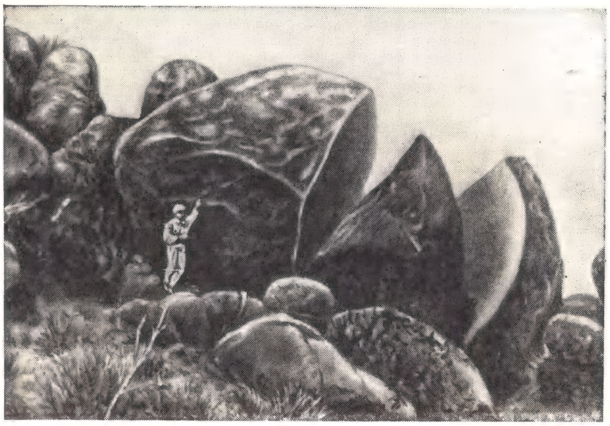
Какие силы природы действуют на поверхности Земли

КАК СОЛНЦЕ, ВОЗДУХ, ВОДА И ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ ИЗМЕНЯЮТ ЗЕМЛЮ

Многие горные породы очень прочны и прекрасно поддаются полировке, поэтому их широко употребляют для постройки и облицовки зданий. И вместе с тем в природе часто встречаются обломки этих же горных пород, такие рыхлые и непрочные, что их можно легко расколоть на мелкие кусочки молотком и даже разломить руками.

Это происходит потому, что все горные породы, даже самые прочные, образовавшись в недрах Земли, сохраняют свои свойства только до тех пор, пока не попадут на поверхность. Здесь под влиянием солнечных лучей, воды, кислорода и углекислоты, а также деятельности растений и животных они очень медленно, но неуклонно разрушаются: одни — быстрее, другие — медленнее. И нет ни одной горной породы, которая остается неизменной.

Такое разрушение горных пород геологи называют **выветриванием**. Это старинный и очень неудачный термин, так как ветер как раз и не участвует в процессах, получивших название выветривания. Он разрушает горные породы иначе: подхватывает мелкие обломочки и песчинки горных пород, образовавшиеся



Глыба гранита, разорванная трещинами и развалившаяся на отдельные куски. Такие лопнувшие камни можно найти в пустыне.

На вершине горы Ай-Петри известняковые скалы разъедены и выщелочены атмосферными водами.

в результате выветривания, и с силой бросает их на скалы, шлифуя и вытачивая твердую поверхность скал (см. стр. 63).

Можно сказать, что выветривание подготавливает материал для дальнейшего разрушения горных пород ветром.

Как же происходит выветривание горных пород и можно ли его наблюдать в природе?

Процессы выветривания происходят так медленно, что очертания гор и формы их склонов обычно кажутся нам неизменяющимися. Однако при внимательном наблюдении можно подметить множество небольших изменений, которые все время происходят от разрушения горных пород: то от нависшей скалы вдруг оторвется камень и с шумом скатится вниз, то на поверхности пород появятся трещины, увеличивающиеся из года в год.

Посмотрите внимательно на поверхность какой-нибудь горной породы, слагающей склоны холма: нередко даже простым глазом вы увидите тонкую сеть покрывающих ее трещин, хотя порода эта еще прочна и не поддается попыткам разломить ее руками. Снимите с поверхности породы часть лишайника или мха, растущего на ней, и вы найдете под ними неглубокий землистый рыхлый слой. Это тоже результат разрушения, процесса выветривания горных пород.

Процессы выветривания очень разнообразны.

В пустынях, где воздух чист и почти не бывает облаков, защищающих поверхность земли от палящих солнечных лучей, горные породы днем сильно нагреваются. Иногда они накаляются настолько, что обжигают руки. А ночью горные породы охлаждаются. Чем чище воздух, чем меньше в нем водяных паров, тем быстрее происходит это охлаждение, так как облака задерживают тепловое излучение Земли.

Чем больше разница между температурами дня и ночи, тем сильнее расширяются и сжимаются минералы, слагающие горные породы. От этих колебаний температуры зерна минералов расширяются и сжимаются по-разному, связь между ними нарушается, породы теряют прочность и покрываются тонкой сетью трещин. Трещины постепенно становятся все глубже, все шире, пронизывают всю породу, и наконец даже самая крепкая горная порода распадается на отдельные обломки.

Этому разрушению горных пород способствует вода, попадающая в трещины. Замерзая ночью, она расширяет трещины. Такое разрушение горных пород называют **морозным выветриванием**. В горах и вообще на больших высотах вода постоянно работает над разрушением горных пород.

Разрушение горных пород под влиянием колебаний температуры носит название **физического выветривания.** Особенно сильно оно проявляется на вершинах гор и в пустынях, где суточные колебания температуры особенно резки. Разница температур ночью и днем достигает в пустыне 60—80°. При физическом выветривании породы разрушаются механически, без существенного изменения минералогического состава пород.

Кроме физического выветривания, выделяют еще **химическое.** Оно происходит под влиянием различных газов и водяных паров, находящихся в воздухе. Кислород, углекислый газ и вода — мощные химические разрушители горных пород.

Кислород окисляет в горных породах различные рудные минералы. Так, например, пирит, магнитный железняк и красный железняк, содержащие в своем составе железо, на поверхности земли рано или поздно превращаются в водную окись железа — бурый железняк, который химически неустойчив.

Вода растворяет многие химически неустойчивые породы: каменную соль, гипс, известняки. Если в воде есть углекислый газ, ее растворяющая способность повышается. Там, где земная кора сложена сравнительно легко растворяющимися горными породами (известняком, доломитом, мергелем, каменной солью, гипсом), на их поверхности можно наблюдать следы разъедания. На голых известняковых скалах, слагающих, например, вершину горы Ай-Петри в Крыму, видны глубокие ямы, впадины и причудливые острые гребни.

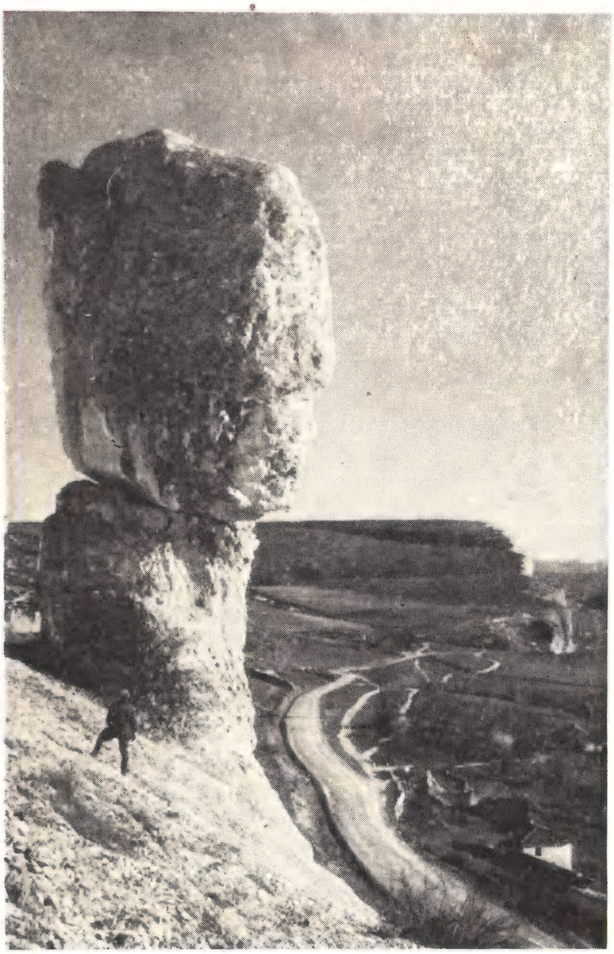
Ямы, глубокие трещины и острые гребни на поверхности известняков, образовавшиеся под действием атмосферных вод.

Вода, содержащая углекислоту, химически разрушает также минералы, содержащие кремнезем. Так, например, полевые шпаты, входящие в состав гранитов и других горных пород, на поверхности Земли химически разрушаются под влиянием воды, богатой углекислотой. Они превращаются в глинистый минерал — **каолинит**[1].

Бо́льшая часть глины на поверхности земли образовалась в результате химического выветривания гранитов и других изверженных пород, содержащих полевой шпат. Так образовались, например, многие месторождения белой каолиновой глины и огнеупорных глин на Украине, Урале, в Сибири и в других местах.

Физическое и химическое выветривание горных пород — медленный процесс. На первый взгляд, оно незаметно изменяет поверхность Земли. Крошатся, разъедаются горные породы, понемногу становятся ниже вершины гор, обломки скал скатываются вниз и образуют осыпи. Иногда остатки разрушенных горных хребтов оказываются как бы погребенными под собственными обломками, как например хребты в пустынях Центральной Азии: Гурван-Сайхан («Три прекрасных») — в восточной части Монгольского Алтая, наполовину погребенный под обломками,

[1] Большие скопления каолинита дают горную породу каолин, которую называют также фарфоровой глиной.



Скала «Каменная баба» в Крыму — результат многовекового выветривания горной породы.

Корни кустарников и деревьев, проникающие в горные породы по трещинам, раздвигают и расширяют их. От этого горные породы все больше разрушаются.

и хребет Унегетэ («Лисица») — в пустыне Гоби, на месте которого из-под мощного покрова обломочного материала видны только небольшие скалистые выступы.

У различных выветривающихся горных пород и прочность разная, поэтому они разрушаются неодинаково быстро. Более прочные обычно долго возвышаются в виде отдельных скал, часто очень красивых и причудливых очертаний. Некоторые скалы напоминают развалины древних строений, башни и столбы. Но со временем и эти возвышенности будут разрушены. Многие века продолжаются процессы выветривания, пока на месте горных цепей не возникнут слегка всхолмленные равнины.

Разрушаются горные породы и живыми организмами — растениями и животными. Еще порода крепкая, еще едва тронута тонкой сетью трещинок, а на ней уже поселяются лишайники. Причудливые желтые, зеленые, оранжевые, белые пятна лишайников покрывают голые скалы, образуя на них живописные кружевные узоры.

Лишайники очень неприхотливы. Ветер заносит споры на горную породу, они плотно прирастают к ее поверхности, извлекая из нее вещества, нужные им для жизни.

Пыль и песчинки, занесенные ветром на поверхность скалы и застрявшие в трещинах и между лишайниками, способствуют накоплению на скале разрыхленного слоя.

Когда лишайники отмирают, их разложившиеся остатки образуют слой перегноя, на котором могут селиться другие, уже более высоко организованные растения — мхи, затем травы, кустарники и наконец деревья. Корни деревьев все глубже проникают в трещины горной породы, все сильнее раздвигают и расширяют их. Очень часто высоко в горах в углублениях и трещинах отвесных неприступных утесов можно увидеть зеленеющую траву, цветы, кустарники и отдельные деревья на небольших площадках.

Переход твердой горной породы в почву. Видно, как в нижней части разреза твердые горные породы пронизываются трещинами и затем распадаются на отдельные глыбы. Выше появляются мелкие разрыхленные частицы породы и затем слой почвы.

Незаметную на взгляд, но огромную роль в разрушении горных пород играют микроскопические растительные организмы — бактерии. Они вырабатывают различные химические соединения, которые также способствуют разрушению горных пород.

В разрыхлении поверхностных частей земной коры принимают участие и многие животные. Дождевые черви, пропуская через свой кишечник землю, обогащают ее органическим веществом. Землеройки, кроты, суслики и другие роющие животные также способствуют разрушению и разрыхлению выветривающихся поверхностных слоев земной коры.

Все процессы разрушения горных пород, вызываемые растениями и животными, называются органическим выветриванием, которое широко распространено на Земле и тесно связано с физическим и химическим выветриванием.

В результате всех видов выветривания образуется верхний разрыхленный и обогащенный органическим веществом слой земной коры.

Почвы состоят из мелких частиц различных минералов, возникших за счет физического и химического выветривания горных пород, и перегноя. В почве всегда много бактерий. Перегной — органическое вещество, возникшее благодаря жизнедеятельности растений и животных, — окрашивает почву в темный цвет.

Горные породы, на которых образуется почва, называются материнскими горными породами. Огромное народнохозяйственное значение почв, от качества которых зависят урожаи различных полезных для человека растений, заставляет внимательно изучать условия почвообразования.

Несмотря на медленное течение процессов выветривания земной коры, они приводят к огромным изменениям. Выветривание — первая и главная стадия разрушения горных пород. Выветривание облегчает деятельность текучей воды, морского прибоя и ветра, участвующих в создании великого разнообразия форм рельефа земной поверхности.

РАБОТА РЕК

Как рождаются текучие воды — реки, ручьи, потоки дождевых и талых вод? Какую работу производят они на поверхности Земли?

Дождевые и снеговые воды смывают почву и уносят ее вниз по склону, захватывая с каждым годом новые участки полезной земли. Постепенно углубляясь и расширяясь, рытвины превращаются в овражки. Там, где сливаются несколько овражков, образуется большой овраг. Овраги часто выходят в речную долину.

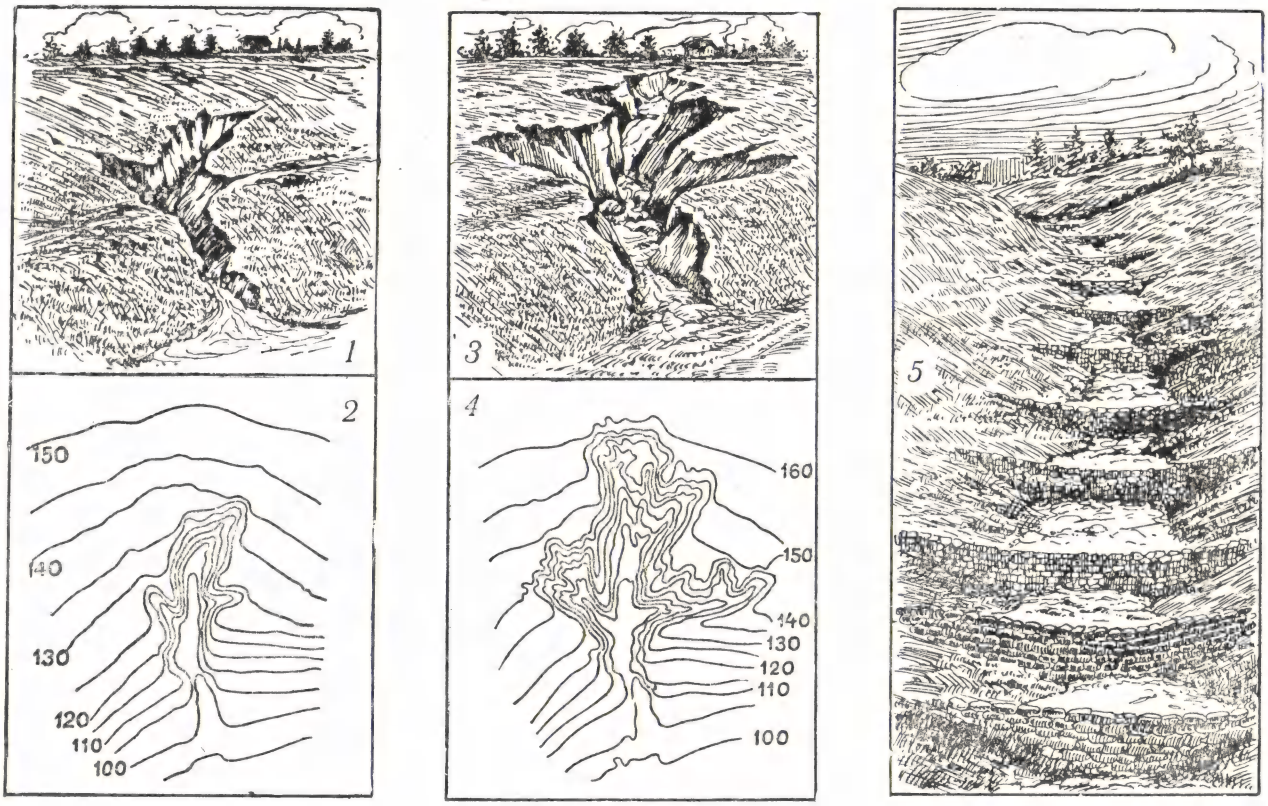
Склоны оврагов и речных долин покрыты, точно чехлом, суглинистыми породами. Эти отложения на склонах акад. А. П. Павлов назвал делювием (от латинского слова «делюо» — смываю). Близ устья дно оврага становится совсем пологим, там в виде конуса откладываются частицы, принесенные ручьем, — овражный аллювий (от латинского слова «аллюо» — намываю).

Овраги иссушают почву и подпочвенные слои — грунты. Весной дождевая вода и особенно воды талых снегов быстро скатываются по склонам оврагов и не успевают пропитать почву. Чтобы овраг не разрастался, надо его склоны укреплять растительностью. Перемычки, поставленные поперек оврага, помогают задерживать муть — мелкие минеральные частицы, приносимые текучими водами. Постепенно у перемычек образуется осадок, который заполняет овраг и препятствует его дальнейшему углублению.

Очень часто в верховье растущего оврага при его углублении до горизонта подземных вод может появиться источник — постоянный, непересыхающий ручей. Такой овраг со временем превращается в речку.

Реки производят большую геологическую работу. Они разрушают и размывают горные породы, переносят минеральный материал, способствуют осаждению и накоплению его.

Благодаря действию силы тяжести реки текут от более высоких участков земной поверхности к более низким. Чем быстрее течет река, тем больше ее разрушительная сила. Верховье, или исток, реки — наиболее высоко располо-



Образование оврага:

1 — зарождение оврага; 2 — изображение появившегося оврага на карте горизонталями; 3 — растущий овраг; 4 — изображение растущего оврага горизонталями; 5 — закрепленный овраг.

Дельта реки Нила.

женный участок речной долины. Река может брать начало в конце горного ледника, питаясь его талыми водами. Так, например, мощная горная река Средней Азии Зеравшан вытекает из ледяного грота в конце ледника. Часто исток реки представляет собой выход подземных вод. Так, начало р. Урала образуют маленькие роднички, стекающие со склонов горы Урал-Тау. Может река вытекать также из озера, как например Ангара, берущая начало в оз. Байкал.

Реки равнин — Волга и многие другие — часто начинаются в болотах.

Место впадения реки в море, озеро или в другую, более крупную реку называется у с т ь е м. Часто в нем накапливается так много речных осадков, что русло реки, распадаясь на многочисленные протоки, образует д е л ь т у [1].

У большинства рек, впадающих в открытый океан, не бывает дельты, потому что все осадки вымываются приливо-отливными течениями. В этих условиях могут возникать воронкообразные

[1] Дельта — буква греческого алфавита. Она имеет вид треугольника. Название «дельта» было дано устью р. Нила за его характерную треугольную форму, а затем стало нарицательным для подобных же устьев рек.

расширения, обращенные широкой частью к океану и суженной — к речной долине. Их называют **эстуариями**. Такие устья имеют р. Енисей, реки атлантического побережья Франции — Сена, Луара и др.

Уровень водоема, в который впадает река, — это тот предел, за которым прекращаются течение и разрушительная работа реки.

Быстро текущие реки производят большую разрушительную работу; особенно велика она в верхних участках течения.

Врезаясь в горы и равнины, реки разрабатывают свои долины. **Русло** реки — это только та часть речной долины, которая занята водой при самом ее низком — как говорят, **меженном** — уровне.

Нередко то на одном, то на другом склоне речных долин можно наблюдать своеобразные уступы, прослеживающиеся на разных уровнях. Эти уступы, или **речные террасы**, точно ступени гигантской лестницы, простираются вдоль склонов долины реки. Самая нижняя ступень — это заливные луга, окаймляющие русло реки.

Каждый год весной во время паводка река затопляет самую нижнюю ступень, называемую **поймой**. Постепенно углубляя свою долину, река пропиливает пойму. При этом русло оказывается на более низком уровне, чем раньше. Прежнюю пойму уже не заливают паводковые воды, и она превращается в первую надпойменную террасу. Следовательно, каждая терраса — это часть дна древней долины, которая сохранилась в виде ступени или уступа на склоне. Всякую речную долину ограничивают склоны водоразделов и водораздельные пространства.

В горных странах долины рек представляют собой узкие и глубокие ущелья. Некоторые из них при ширине в несколько десятков метров имеют глубину до тысячи и более метров.

Стоя на склоне горного ущелья, можно видеть, как среди величественных скал, где-то далеко внизу извивается серебристой сверкающей

Дельта реки Волги.

Выход подледникового потока (исток реки).

Эстуарий реки Амура.

лентой маленький горный поток. Это он размыл «несокрушимые» скалы и разработал в них речную долину. Точно острое лезвие, поток прорезает горы и углубляет свое ложе.

Разрушительная работа, которую производят текучие воды, называется эрозией (от латинского слова «эродо» — разъедаю, размываю).

Чем же вызывается углубление речной долины? Главным образом — уклоном русла. У горных рек всегда значительные уклоны, поэтому и большая скорость течения. Горные реки обладают огромной разрушительной силой.

Эрозия свойственна и рекам равнины, но у них она не так велика, как у горных потоков.

Равнинные реки имеют незначительные уклоны и медленное течение. Долины рек на равнинах очень широки. Так, например, долина Волги у впадения в нее Камы достигает 20 *км* ширины. Часто среди широкой (достигающей нескольких километров) долины прихотливо извивается русло маленькой речки. Кажется невероятным, что она могла разработать такую широкую долину. Постараемся понять, как это могло произойти.

Хорошо известно, что многие реки равнин образуют крутые извилины, или меандры. Обычно излучины развиваются при небольших уклонах ложа реки. Медленно текущая вода откладывает осадки и стремится обойти всякое препятствие на своем пути, например оползень, преградивший речной поток, выход более плотных пород и т. п. Так появляются маленькие первоначальные изгибы, которые постепенно превращаются в настоящие меандры.

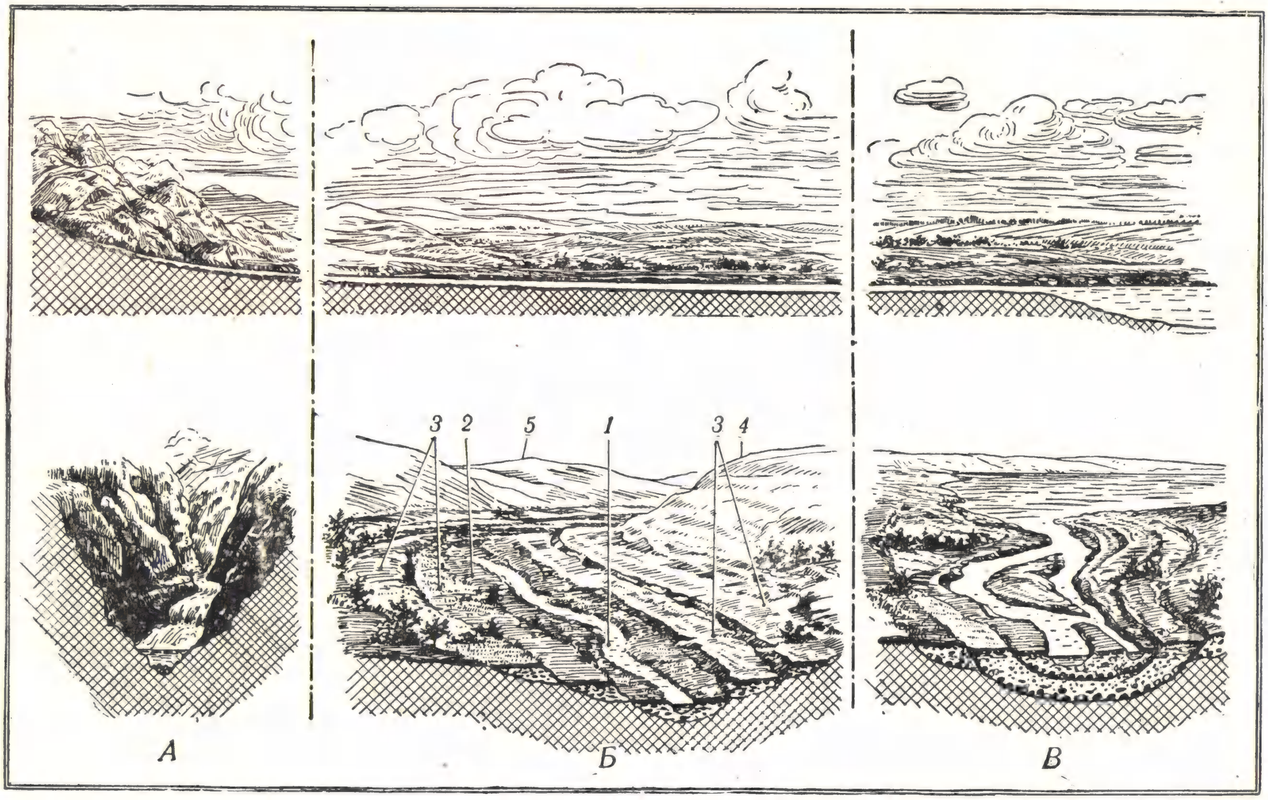
При образовании излучин на равнине река подмывает то один, то другой свой берег. В выпуклых частях излучин течение реки быстрее, там происходит подмыв берега. У вогнутых участков берега течение медленнее. Здесь обычно намываются осадки. Явление подмыва берегов называется боковым размывом или боковой эрозией реки. Боковая эрозия содействует образованию речных излучин и расширению речной долины (см. рис. на стр. 54). Излучины медленно перемещаются вниз по течению.

Эстуарий реки Енисея.

Однако не все излучины могут длительно существовать и перемещаться по долине реки. Даже очень крутые и крупные излучины отмирают. Это случается в периоды половодья, когда возрастает размывающая деятельность реки. Полые воды прорывают тонкую «шейку», возникшую у основания излучины, и начинают прокладывать новое, выпрямленное русло. По короткому пути вода течет очень быстро и несет много осадков. Они накапливаются у шейки, т. е. в тех местах, где излучина превращается в замкнутое озерцо серповидной формы — старицу. Зарастая, это озерцо становится болотом, а потом заболоченным участком заливного луга и наконец со временем совсем высыхает.

Размыв дна рекой — глубинная эрозия — и боковая эрозия, благодаря которой происходит подмыв одного берега и намыв речных осадков у другого, способствуют образованию неровностей на дне реки. Эти неровности представляют собой чередование более глубоких мест — плёсов и более мелких — перекатов.

Некоторые неровности дна и берегов реки вызывают вихревые движения воды — водовороты. Причины появления их различны. Большое значение при образовании водоворота имеет крутизна долины реки и обусловленная ею скорость течения. Часто водовороты образуются при резкой смене скоростей течения, например при встрече различно направленных течений, у слияния притока с главной рекой. Водоворот может образоваться и при столкновении струй, у которых различная скорость течения. Известно, что у берегов и на середине



Строение долины реки.
Вверху: продольный разрез долины. Внизу: поперечный разрез той же долины:

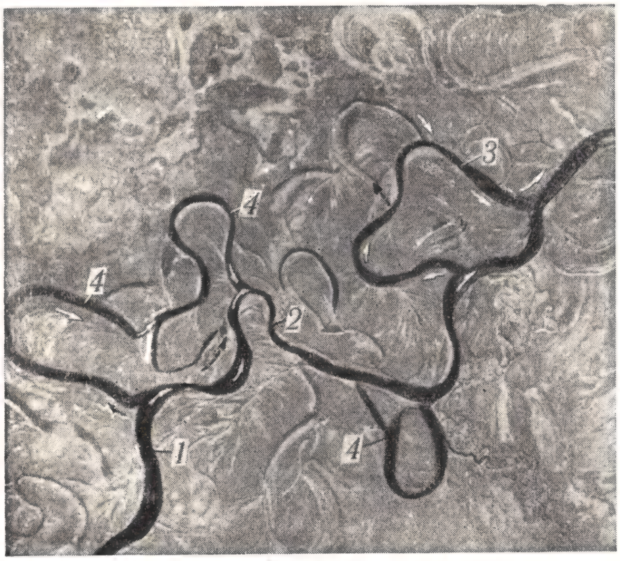
А — ущелье в верхнем течении; *Б* — долина с террасами в среднем течении: *1* — русло, *2* — пойма, *3* — террасы, *4* — склон водораздела, *5* — водораздел; *В* — долина в нижнем течении и устье реки.

потока, у поверхности воды и у дна скорость течения различна. Медленно движущиеся струи играют роль препятствий, они отклоняют быстро движущиеся струи, вызывая водовороты. Препятствиями на пути движения водного потока могут быть и острова, при этом большую роль играют их расположение и форма, а также подводные камни, искривление русла и берегов.

Иногда на реке образуются подводные ямы, или о м у т ы, очень опасные для пловцов. Обычно это явление связано с изменением крутизны дна, когда, например, обычная глубина реки внезапно меняется. Неровности в русле реки часто зависят от различной твердости пород, слагающих дно и берега. Здесь могут встречаться и такие твердые породы, как гранит, и такие мягкие, как глины, супеси, пески. Если в русло реки выходит полоса твердых скалистых пород, то здесь могут образоваться пороги. Они сильно вредят судоходству. После постройки плотины Днепровской гидроэлектростанции на месте порогов величественно синеет спокойный широкий водный простор водохранилища. Обычно пороги встречаются в руслах горных рек.

Если река низвергается с крутого или отвесного уступа, то она образует в о д о п а д. Особенно часто водопады встречаются в горных странах, но бывают водопады и на ровных местностях, когда река течет по твердым породам, а потом по легко размываемым. В томе 1 ДЭ на стр. 534 даны крупнейшие водопады Земли: Бьёльвефосс в Норвегии (высота падения 866 *м*), Йосемите в Калифорнии (792,5 *м*), Сатерленд на р. Артур в Новой Зеландии (580 *м*), Рораима на р. Потаро в Южной Америке (457 *м*) и др.

В крупных речных долинах часто наблюдается несимметричное строение берегов. Так, например, у большинства рек, текущих на юг или на север (в меридиональном направлении), наблюдается вдоль правого берега размыв, а у левого — отложения речных наносов. Поэтому



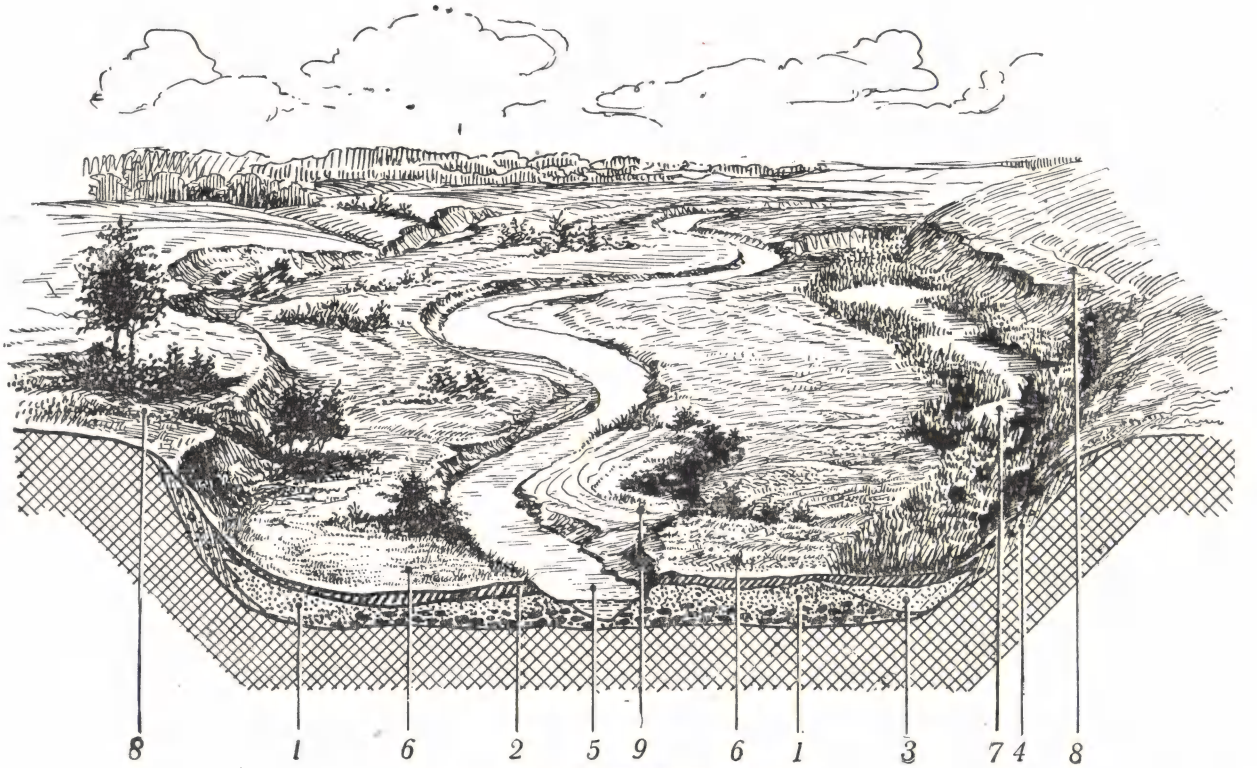
Аэрофотоснимок реки с излучинами и старицами:
1 — главное русло; 2 — излучина; 3 — излучина, начавшая отчленяться; 4 — излучины, частично потерявшие связь с руслом.

правый берег бывает крутым, а левый — очень пологим, на нем развиваются отмели и косы. Такое строение имеют берега Волги, Дона, Днепра и многих других рек. Закон, выведенный двумя учеными — Бэром и Бабине, объясняет причину несимметричного строения берегов у крупных рек. Акад. Бэр указал, что реки отклоняются в Северном полушарии вправо, а в Южном — влево в связи с вращением Земли вокруг оси. Бабине доказал, что вращение Земли оказывает такое влияние на реки любого направления.

Величина отклонения и соответствующий подмыв берега, к которому как бы прижимается река, связаны с изменением дуговой скорости вращения Земли на разных широтах. На экваторе величина отклонения равна нулю, а на полюсах достигает наибольшей величины.

Боковая и глубинная эрозия — важнейший вид геологической деятельности текучих вод.

Другой вид геологической деятельности рек — перенос частиц разрушенных пород. Работа эта огромна. Чем больше скорость течения реки,



Строение долины равнинной реки:
1 — русловой аллювий; 2 — пойменный аллювий; 3 — аллювий в бывшей старице; 4 — отложения склонов; 5 — русло реки; 6 — пойма; 7 — старица; 8 — террасы; 9 — пляж.

тем больше она переносит осадков. Количество осадков резко возрастает в период весеннего половодья и уменьшается во время летнего мелководья. Именно поэтому вода во время половодья грязнее, чем при низком, меженном, уровне.

Акад. В. А. Обручев приводил следующий интересный пример: крупная китайская река Хуанхэ выносит в течение одного дня во время половодья 29 млн. $м^3$ осадка, а во время мелководья намного меньше — только 72 тыс. $м^3$. За год Хуанхэ выносит в море 900 млн. $м^3$ ила. Из такого количества ила можно было бы каждый год сооружать довольно высокую гору. Даже относительно чистая река Риони выносит в течение года в Черное море столько ила, что им можно покрыть площадь в 1 $км^2$ слоем высотой в 8 *м*.

Какую же массу осадков приносят все реки Земли в озера, моря и океаны!

Крупные и более тяжелые частицы аллювия быстро оседают на дно реки в верхнем и среднем течении и лишь более измельченный материал достигает нижнего течения — устья рек и водоемов, в которые они впадают.

Так происходит естественная сортировка аллювия по его величине. Галька, песок, супесь, глина располагаются друг за другом, вдоль по руслу реки.

Особенно мощные отложения аллювия накапливаются в устьях рек. Они занимают значительные пространства, иногда сотни квадратных километров на равнинах.

Отложение и накопление речных осадков — это третий важнейший вид деятельности текучих вод.

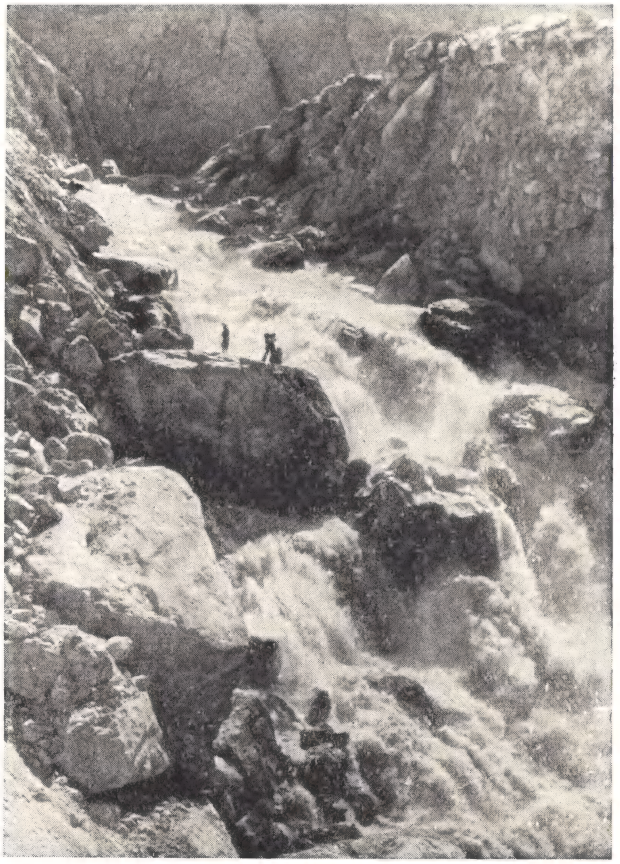
Основные виды работы рек — размыв, перенос и накопление осадков — у горных и равнинных рек различны.

У горных, быстро текущих рек, несущих много обломков, почти на всем их протяжении преобладают разрушительная, размывающая работа и унос обломочного материала. У рек равнинных, отличающихся медленным течением, преобладает отложение осадков. Но и в каждой отдельной реке роль размыва, переноса и отложения осадков неодинакова в разных ее частях. Особенно ярко выражены эти различия в реках, берущих начало в горах и затем текущих по равнине (см. рис. на стр. 53).

В верховьях, где уклон дна долины и быстрота течения наибольшие, река энергично размывает и углубляет свое русло. В среднем течении уклон несколько уменьшается, и на первое место выступает перенос водой обломков и частиц разрушенных пород. Здесь, помимо углубления, река производит значительный размыв берегов (боковую эрозию) и расширяет свою долину. В нижнем течении долина имеет наименьший уклон и река преимущественно отлагает свои осадки.

Такое распределение работы реки отражается на внешнем облике речной долины. В верховье горная долина представляет собой дикое ущелье с водопадами и пенящимся потоком. В среднем течении, в предгорьях, долина реки несколько расширяется. В нижней части, там, где река выходит на прилегающую к горам равнину, долина ее значительно расширяется, склоны сильно снижаются.

Есть ли какой-нибудь предел размывающей деятельности рек или они могут бесконечно углублять и размывать свои долины? Такой предел есть. Это уровень того водоема, куда впадает река. Он называется **базисом эрозии** или **базисом размыва**, реки. Ниже



Пороги реки Ягноб (Тянь-Шань).

Водопад Виктория на реке Замбези (Африка).

бенно в низовьях. Если базис эрозии повысится, река окажется как бы подпруженной. Течение ее станет медленным, она потечет прихотливыми излучинами, отлагая по пути осадки, под которыми могут быть погребены уступы ранее образовавшихся террас. Речная сеть распределена неравномерно по поверхности нашей планеты.

Но в жизнь природы властно вмешивается человек и разумно регулирует деятельность текучих вод. Люди создают искусственные реки и озера. Большое значение имеют реки в орошении засушливых земель и в осушении заболоченных территорий путем спуска вод.

этого уровня река не может углублять свою долину.

Для Дуная и Днепра пределом, т. е. базисом эрозии, является уровень Черного моря, для Волги и Урала — Каспийского моря, для Оби, Енисея и Лены — уровень Ледовитого океана, для Аму-Дарьи — Аральского моря и т. д.

Но уровень воды в водоеме не всегда остается постоянным. Изменение климата может вызвать значительные колебания высоты стояния воды в морях и даже океанах.

Очертания берега в водоемах могут изменяться в связи с общими поднятиями или опусканиями крупных участков земной поверхности, вызывающими наступание моря на сушу или отступание его.

Каждое изменение уровня воды в том водоеме, куда впадает река, иначе говоря, изменение высоты базиса эрозии, отражается на характере работы самой реки. Если уровень воды в водоеме понижается, увеличивается уклон и размывающая работа реки оживляется. Река вновь углубляет свою долину до нового положения базиса эрозии, а на ее склонах появляются новые ступени — террасы. Если базис эрозии быстро и значительно понизится, течение реки становится быстрым и порожистым, осо-

В нашей стране на крупнейших реках строятся плотины, созданы огромные озера-водохранилища: Рыбинское, Куйбышевское и Сталинградское на Волге, Цимлянское на Дону и многие другие. Сооружены крупные оросительные каналы: Ферганский, Гиссарский, Туркменский и др. Со временем, возможно, будет осуществлена и такая фантастическая по своим масштабам работа, как частичный поворот на юг могучих рек Сибири. Ведь Обь когда-то текла не на север, а на юг, в направлении Арало-Каспийской низменности.

Если построить плотину на Оби ниже впадения в нее Иртыша, то образуется огромное водохранилище, от которого можно провести канал на юго-запад.

Когда осуществится частичный сброс воды Оби на юг, по Тургайскому проливу, наша родина отвоюет у природы новые огромные площади для сельского хозяйства.

Реки являются почти неисчерпаемыми источниками энергии. На великих реках нашей страны — Днепре, Дону, Волге, Оби, Ангаре, Енисее и др. — уже построены и строятся новые гидроэлектростанции. Они зальют светом новые города, поселки, колхозные села и дадут электроэнергию растущей промышленности и сельскому хозяйству нашей родины.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

ГДЕ МОЖНО ВИДЕТЬ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ИХ ПУТИ

Самые разнообразные по форме и размерам пещеры, ниши, гроты и каменные лабиринты часто встречаются в местностях, сложенных горной породой — известняками. Незабываемое впечатление оставляют пещеры Урала и Крыма.

При свете свечи или факела перед путешественником из мрака пещеры выступают сверкающие колоннады, причудливые навесы, ниши, обрамленные тонким кружевным узором известковых натеков.

В центре пещеры нередко можно увидеть глубокое озеро.

Вода просачивается по трещинам, сбегает по стенам, по натекам извести — сталактитам[1], свешивающимся сверху, подобно сосулькам, со звоном падает на дно пещеры. В том месте, где падают капли, навстречу сталактиту снизу растет другой натек, обращенный острием вверх, — это сталагмит[2]. Стекая, вода отлагает растворенную в ней известь на стенах, потолке и полу пещеры. Проходят века, тысячелетия. Сталактиты и сталагмиты растут навстречу друг другу, а когда они встречаются, то образуются колонны.

Некоторые горные породы — известняки, гипсы, каменная соль — легко растворяются водой. Вода может проникать в толщу таких пород по трещинам, образующимся при процессах выветривания или в результате давления при горообразовании. Вода, растворяя породу, начинает постепенно расширять и углублять в ней трещины.

Образование пещер, колодцев, зияющих трещин в породах под землей и воронок на поверхности связано с растворением некоторых пород подземными и поверхностными водами. Такие явления называются карстовыми или карстом, — по имени горной страны Карзо, или Карст, находящейся на границе Югославии и Италии. Эта страна сложена мощными толщами известняков, в ней много пещер, воронок, исчезающих рек, выходов подземных рек на поверхность и т. п.

[1] От греческого слова «сталактос» — натекший по каплям.

[2] От греческого слова «сталагма» — капля.

В СССР карстовые явления развиты в известняковых горах Крыма, на Кавказе, Урале, в Тянь-Шане, в бассейне Ангары в Сибири и в других местах.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ — СОБИРАТЕЛИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

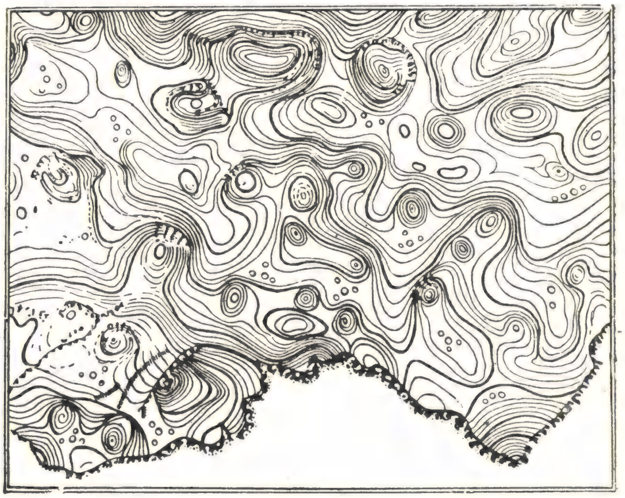
Однако не все горные породы легко растворяются атмосферными водами.

В твердые кристаллические породы, например в граниты, вода может проникать только по трещинам.

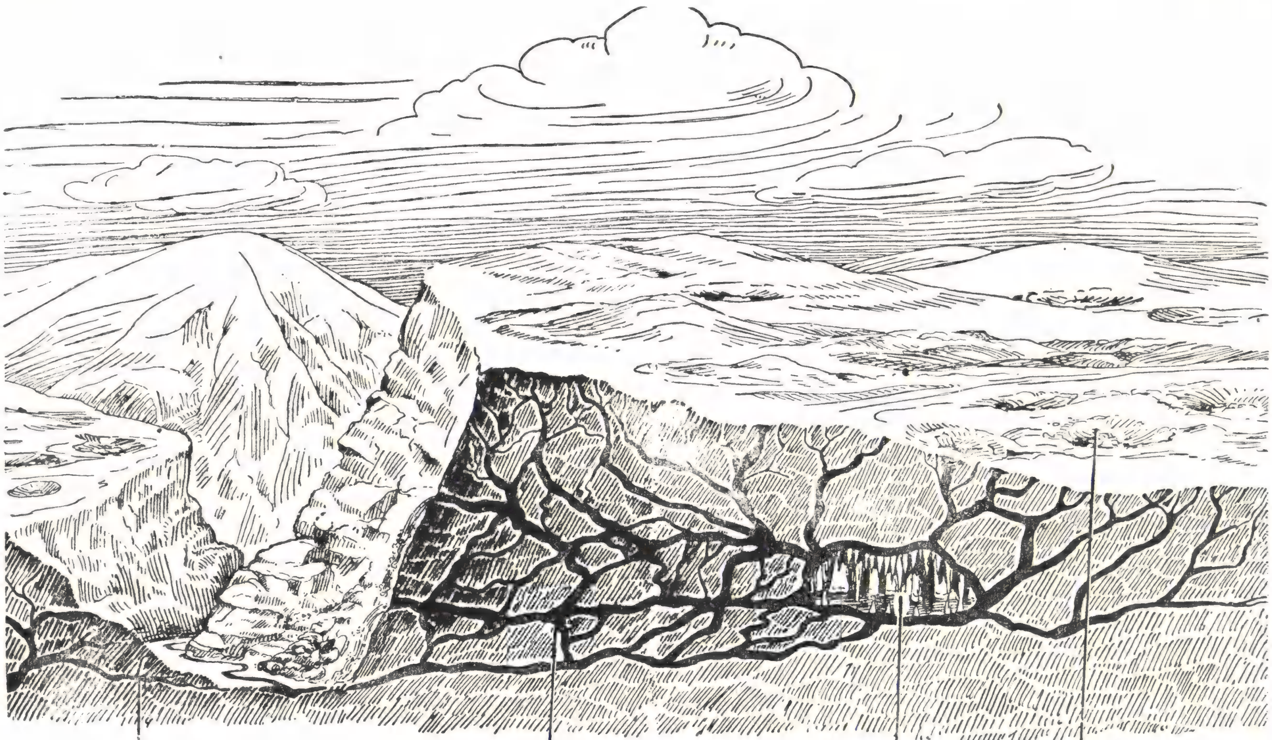
В зернистые, рыхлые, породы, как песок или галечник, вода может просачиваться по порам, т. е. по промежуткам между отдельными песчинками или гальками.

Пустоты, по которым вода проникает в горные породы, могут быть самой различной формы. По этому признаку разделяют горные породы на трещиноватые (граниты, известняки) и пористые, или зернистые, породы (пески, галечники).

Горные породы, по которым проникает вода, называются водопроницаемыми. Но есть в природе породы, которые не пропускают воды, — это глины и нетрещиноватые твердые



На плане Крымской Яйлы горизонталями показаны карстовые воронки и котловины в известняках.



Известняковое плато в разрезе:
1 — подземная пещера; *2* — карстовая воронка; *3* — трещины, по которым движется подземная вода.

кристаллические породы. Их называют в о д о у п о р н ы м и.

В трещиноватых породах подземная вода движется сравнительно быстро: от 100 *м* до 100 *км* в сутки, а в пористых породах — медленно; и чем мельче по́ры, тем медленнее течет подземная вода. Так, например, в пластах песка скорость подземной воды от 5 до 100 *м* в сутки, в суглинках и лёссах еще медленнее: от 0,5 до 5 *м* в сутки.

По́ровые воды, как и воды реки или озера, имеют водную поверхность, которая называется з е р к а л о м подземных вод. Если трещины в породе не полностью заняты водой, то подземные воды образуют не единый поток, а разобщенные подземные водотоки. Поток подземных вод, заполняющий пустоты в горной породе, называется в о д о н о с н ы м г о р и з о н т о м.

Подземная вода, медленно текущая в песчаном слое и перекрытая сверху водоупорным слоем (например, глиной), по пути постепенно очищается и становится пригодной для питья.

Подземная же вода, быстро текущая в трещиноватых породах, не защищена от проникновения поверхностных вод и загрязнена.

КРУГОВОРОТ ВОДЫ В ПРИРОДЕ

Вода, выпавшая в виде осадков — дождя или снега — на любой участок земной поверхности, не вся просачивается в землю.

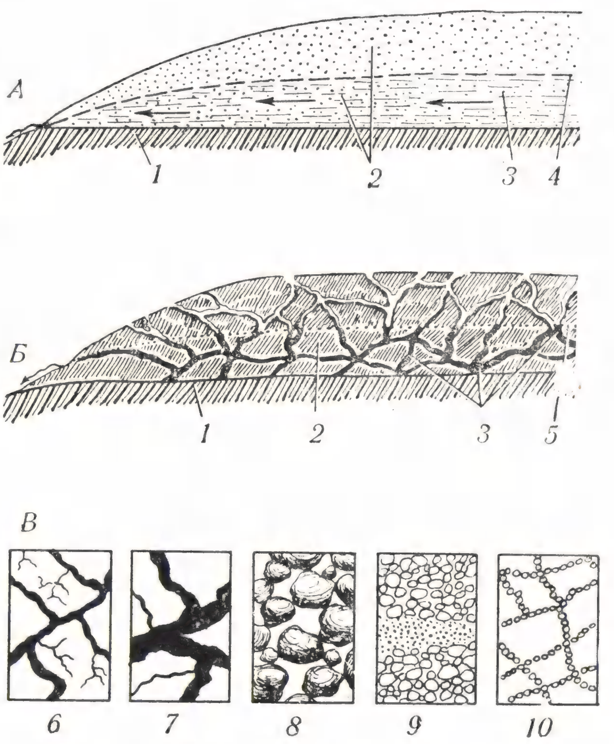
Часть ее испаряется и снова попадает в атмосферу, часть стекает в реки и ручьи, и только некоторое количество проникает в горные породы и образует подземные воды. Совсем незначительное количество осадков используется растениями и животными.

Просачиваясь в глубь земли, вода скапливается в водопроницаемых горных породах и движется под влиянием силы тяжести из более высоких мест в более низкие. На склонах речных долин или в других пониженных местах подземные воды вновь могут выйти на поверхность в виде источников. Место выхода подземной воды на скло-

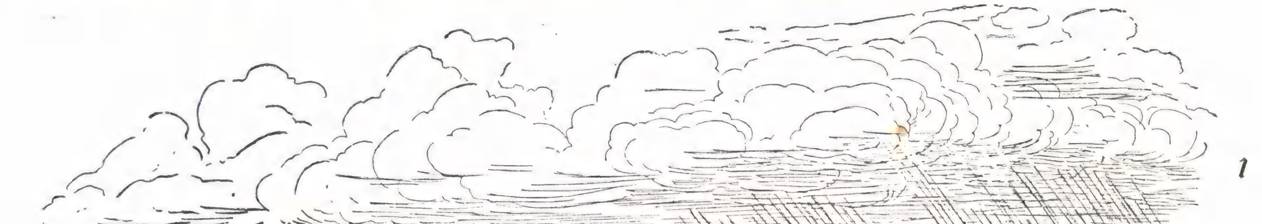
нах долины легко узнать еще издали по заболоченности склона или по сочной зелени, пышным кустарникам и тенистым деревьям, окружающим источник. Большинство рек начинается родниками, источниками, т. е. выходами подземной воды. Реки обычно впадают в озера или моря. Испаряясь, воды суши снова попадают в атмосферу и возвращаются на поверхность земли в виде дождя или снега. Так совершается великий круговорот воды в природе (см. рис. внизу).

Подземные воды широко используются. Люди сооружают колодцы; это квадратные деревянные срубы или железобетонные трубы, которые опускают в ямы, вырытые до подземного водного потока.

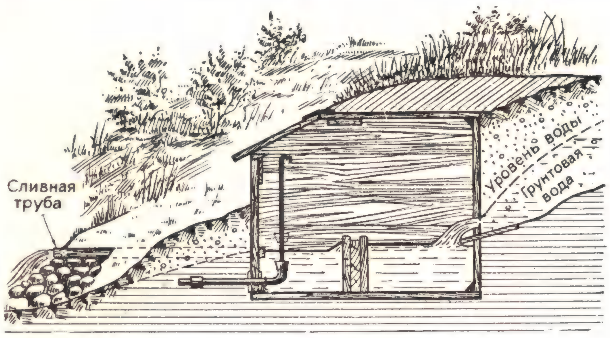
Иногда до поверхности водоносного горизонта специальным буровым инструментом просверливают цилиндрической формы отверстие — буровую скважину. Чтобы стенка скважины не осыпалась, в нее вставляют металлическую трубу. В нижней части трубы, которая погружается в подземный поток, делают отверстия, чтобы подземная вода могла проходить в скважину. Отсюда воду уже насосом поднимают на поверхность земли (см. рис. на стр. 60 внизу слева). Колодцы и буровые скважины используют для снабжения водой городов, колхозов и совхозов. Нередко приходится расчищать и углублять естественный выход воды, укреплять стенки ямы каменной кладкой и воду источника выводить железной трубой. Такое сооружение называется каптажем.



Горные породы — собиратели подземных вод:
А — зернистые породы; Б — трещиноватые породы с подземными водотоками: 1 — водоупорные породы, 2 — водопроницаемые породы, 3 — подземная вода, 4 — зеркало подземных вод, 5 — уровень подземных вод; В — пустоты, по которым проникает вода; 6 — волосные трещины, 7 — крупные трещины, 8 — пустоты в галечниках, 9 — поры в песках, 10 — маленькие поры в лёссовидных породах (суглинках, лёссах).



Круговорот воды в природе:
1 — атмосфера, 2 — гидросфера, 3 — литосфера; О — осадки, И — испарение, С — сток, П — просачивание; горизонтальные стрелки показывают подземный сток.



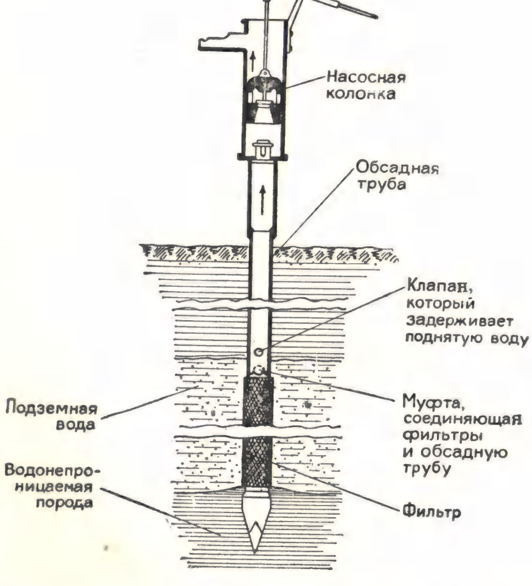
Искусственный выход подземной воды.

Подземные воды могут образоваться не только за счет непосредственного проникновения дождевых и снеговых вод в почву и дальше по пустотам в горные породы.

Русский ученый А. Ф. Лебедев установил, что подземные воды могут образоваться и от проникновения водяных паров из атмосферы в пустоты горных пород. Однако не всякие водяные пары образуют подземную воду. Отдельные молекулы воды в виде пара могут частично или полностью обволакивать частицы почвы. Если водяных паров много, то вокруг частиц почвы возникает сплошная пленка — **пленочная вода**. Такая пленка, окружающая частицу почвы, может иметь различную толщину. Если две частицы почвы с пленкой воды различной толщины соприкасаются, то пленочная вода из пленки с большей толщиной начнет передвигаться к пленке меньшей толщины, пока толщина пленок на обеих частицах не уравняется. Если в породе или в почве так велико количество водяных паров, что может образоваться слой водяной пленки, который частица почвы уже не удерживает, то избыточная вода из пленочного состояния перейдет в капельно-жидкое. Под действием силы тяжести капли воды будут отрываться от частицы почвы и перемещаться сверху вниз. Так, например, в Каракумах и других засушливых местах, где выпадает очень мало осадков, подземные воды образуются преимущественно в результате сгущения паров в горных породах и накопления капельно-жидкой воды.

ПОТОКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Подземные воды могут протекать в самой верхней части земли, где не все пустоты между частицами породы заполнены водой. Их называют **верховодкой**. Такие подземные воды существуют только временами — в дождливые периоды. Болотные и почвенные воды тоже относятся к верховодке. Это плохие источники



Буровая скважина, по которой с помощью насоса грунтовую воду поднимают на поверхность.

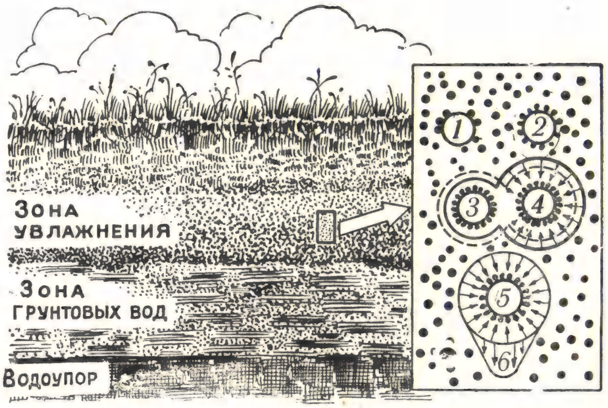


Схема образования подземной воды за счет водяных паров атмосферы, проникающих в пустоты горных пород. Справа показаны разные стадии образования пленочной воды:

1 и *2* — молекулы водяного пара (черные кружочки) обволакивают частицу почвы (горной породы); *3* и *4* — пленочная вода в пленках различной толщины переходит от более толстой пленки к более тонкой; *5* — пленочная вода наибольшей толщины обволакивает частицу породы; *6* — образование капельно-жидкой воды.

питьевой воды: они легко загрязняются, а в засушливое время пересыхают.

Подземные воды, залегающие на первом от поверхности водоупорном пласте пород, называются грунтовыми. В грунтовом потоке все пустоты горной породы заполнены водой. Уровень и температура грунтовых вод понижаются зимой и повышаются весной — в начале лета. Эти воды меньше, чем верховодка, подвержены загрязнению, но и они ненадежный источник водоснабжения: грунтовые воды пополняются атмосферными осадками, которые просачиваются в горные породы. Много выпало дождей — уровень грунтовых вод повысится, мало — понизится.

Наиболее ценными подземными водами оказываются воды, заключенные между водоупорными пластами. Это воды межпластовые.

Если выкопать колодец до межпластовой подземной воды, то она может подняться в колодец и даже образовать фонтан. Он получается, когда подземные воды заполняют все пространство между водоупорными пластами и оказывают давление на верхний пласт. Их называют артезианскими по древнеримскому названию провинции Артуа во Франции — Артезия, где они были впервые использованы.

Артезианские воды заполняют водопроницаемые пласты на огромных пространствах и образуют мощные запасы воды. Эти воды защищены от загрязнения сверху водоупорным пластом. Артезианские воды — наиболее ценный источник водоснабжения.

Очень интересны и своеобразны подземные воды в северных районах, где залегает вечная мерзлота. В СССР она занимает около 47% всей территории, поэтому изучение подземных вод в районах вечной мерзлоты имеет большое практическое значение.

Крупнейшие русские ученые акад. В. А. Обручев и М. И. Сумгин, а также ряд других русских исследователей создали новую науку — мерзлотоведение.

Вечная мерзлота возникла в холодные, ледниковые эпохи. В современную, послеледниковую эпоху климат Земли смягчается, теплеет и во многих местах площади, занятые вечной мерзлотой, постепенно сокращаются.

В области вечной мерзлоты встречаются подземные воды, залегающие над вечно мерзлым грунтом. Они насыщают самый верхний слой земли. Бывает также, что подземные воды или массы чистого льда заключены между вечномерзлыми толщами. Наиболее глубокие воды залегают под толщей вечной мерзлоты. Они обычно используются для водоснабжения городов и крупных селений в северных районах Советского Союза.

Артезианский колодец.

ЗНАЧЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

Известный русский ученый, геолог А. П. Карпинский писал, что подземные воды — самое драгоценное полезное ископаемое. И действительно, трудно найти другое ископаемое, так вошедшее в жизнь и быт человека, как подземные воды. Их используют всюду: для бытовых нужд, в сельском хозяйстве для орошения полей и в промышленности.

Подземные воды отличаются от поверхностных прозрачностью и чистотой. Правда, от перегноя и соединений других органических веществ, а также железа подземная вода может сделаться желтоватой и бурой. А примесь некоторых солей железа и сероводорода иногда придает ей зеленовато-голубую окраску и привкус.

Обычно же чистая подземная вода не имеет запаха и вкуса.

Температура подземных вод может быть различна. Ниже глубины зимнего промерзания она в среднем колеблется от 0 до 10°. С глубиной температура возрастает.

В природе встречаются подземные воды различной температуры: до 20° — холодные, от 20 до 37° — теплые, от 37 до 42° — горячие и свыше 42° — очень горячие.

Целебный источник в городе Старой Руссе (Новгородская область).

Химический состав подземных вод очень разнообразен и зависит от состава пород, в которых они протекают. Растворяя породы, подземные воды обогащаются солями. Например, протекая по известнякам и другим горным породам, содержащим известь, воды получают углекислые соли кальция и магния. В соленосных породах, содержащих каменную соль или гипс, подземные воды растворяют эти минералы.

Характерные запахи получает вода от сероводорода и некоторых других газов. Органические вещества придают ей неприятный запах и сладковатый привкус, поваренная соль (хлористый натрий) — соленый вкус. От примесей различных солей натрия и магния воды бывают горькими и горько-солеными. Вяжущий вкус имеют воды, содержащие гипс и магний.

От содержания различных солей и их количества зависят многие свойства подземных вод. Почему в чайнике образовалась накипь? Почему не мылится мыло? Потому, что вода жесткая, насыщенная углекислыми и сернокислыми солями кальция и магния. В такой воде мыло образует нерастворимые соли жирных кислот. Если воду вскипятить, она станет мягче. Обычно различают мягкие, средние и жесткие воды. При использовании подземной воды в промышленности очень важно знать ее жесткость. Жесткие воды, например, вредны для паровых котлов, так как образуют на стенках накипь.

Подземные воды почти всегда содержат газы — кислород, углекислый газ, сероводород, сернистый газ, метан и многие другие.

Подземные воды могут быть пресными, минерализованными, солеными. Принято считать, что если в 1 *л* подземной воды растворено до 1 *Г* солей, то это пресные воды, до 5 *Г* — минерализованные, свыше 5 *Г* — соленые.

Минерализованные и соленые подземные воды употребляются в промышленности. Так, например, из вод нефтяных месторождений иногда добывают йод, бром и соду; из вод рассолов — различные соли, в том числе и поваренную (хлористый натрий).

Минеральные воды используют в лечебных целях. Они обладают иногда повышенной температурой, часто бывают насыщены газами. Среди лечебных вод особенно большое значение имеют углекислые, сероводородные (сульфидные) и радиоактивные. Радиоактивные воды содержат в незначительных количествах соли радия, газ радон и продукты его дальнейшего распада. Эти воды успешно применяют при лечении нервной системы и некоторых других заболеваний.

Минеральные воды часто встречаются в районах древней или современной вулканической деятельности.

Наша родина богата ценнейшими подземными водами. Они используются в промышленности и сельском хозяйстве.

При выборе места для строительства больших плотин и водохранилищ гидрогеологи должны предусмотреть утечку воды по карстовым трещинам и каналам, так как это очень опасное явление. Опасны для строительства и оползни, развитию которых способствуют подземные воды. Поэтому необходимо тщательно изучить подземные воды в той местности, где предполагается строительство гидротехнических сооружений: плотин, оросительных каналов, гидростанций и т. д.

Развитие народного хозяйства и промышленности требует изыскания новых запасов подземных вод. В этой почетной и интересной работе, наверное, будут участвовать многие наши юные читатели.

КАК ВЕТЕР ИЗМЕНЯЕТ ОБЛИК ЗЕМЛИ

Ветром называется перемещение воздуха почти параллельно земной поверхности. Сила ветра зависит от его скорости. Медленные движения, которые мы называем «ветерком», «легким ветром», могут поднимать и переносить только самые легкие предметы — бумажки, пылинки. Сильные же движения воздуха вздымают клубы пыли на грунтовых дорогах и на высохших вспаханных полях. В Поволжье весной бывают так называемые суховеи — сильные ветры, дующие из пустынь Азии. Они сушат почву пашен, уносят легкие частицы ее с собой, обнажают и губят ростки озими и переходят иногда в настоящие пыльные бури. Такие бури хорошо известны у нас в Средней Азии; в Северный Китай они приносятся из пустыни Гоби. В Северную Африку из пустыни Сахары вторгаются страшные пыльные бури, называемые самумом и хамсином.

Ветер издавна используется человеком как сила для движения парусных судов, для вращения жерновов на ветряных мельницах, для подъема воды на водокачках, для получения электрической энергии на маленьких электростанциях.

Силу и направление ветра приходится учитывать при строительстве городов и заводов: сооружение высоких заводских труб планируется таким образом, чтобы дым заводов не направлялся ветром на жилые поселки. Ветер влияет и на полеты самолетов и на точность стрельбы. С ветром связано изменение погоды.

Ветер — очень важный преобразователь поверхности Земли. Он подхватывает и переносит на большие расстояния мелкие обломки горных пород и частицы минералов в виде песка и пыли. При их помощи он производит большую геологическую работу. Эти частицы образуются на поверхности Земли в результате процессов выветривания горных пород (см. стр. 45), которые как бы подготовляют материал для работы ветра.

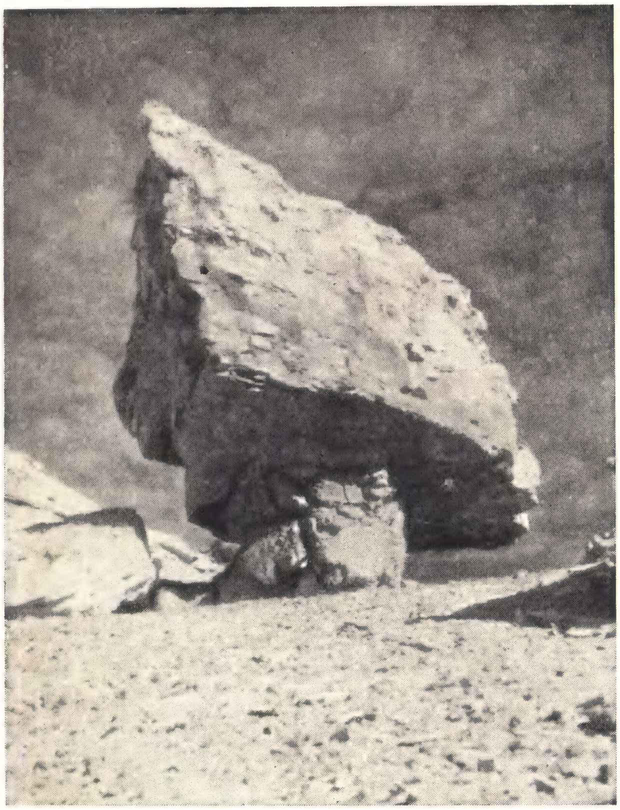
Песчинки, встречая на своем пути отдельные камни и ударяя по ним, мало-помалу полируют, шлифуют их, отчленяют более мягкие породы, легче поддающиеся разрушению, оставляя более твердые участки в виде гребешков и разных выступов. Обломки горных пород на земле обтачиваются с разных сторон струйками песчинок. Такие камни встречаются даже в Московской, Рязанской, Воронежской и других областях.

Обтачивающая и полирующая работа ветра особенно сильно проявляется в так называемых каменистых пустынях. Это молодые, сравнительно недавно возникшие пустыни, в которых еще не совсем успели разрушиться горные цепи.

Природа каменистых пустынь сурова, но не лишена мрачной красоты: высятся обнаженные острые вершины скал с нависающими карнизами из твердых, медленно поддающихся разрушению пород, а у подножия скал всегда насыпаны груды обломков.

Ветер искусно отделяет более твердые породы от более мягких, рыхлых, мелкие частицы которых он уносит. Участки твердых пород остаются как памятники, свидетели минувшего, указывая, что здесь когда-то высились

Самум в пустыне. Пески, поднятые ураганом высоко в воздух, надвигаются широким фронтом.



Каменный гриб, образовавшийся в результате деятельности ветра.

горные вершины. В результате образуются так называемые ветровые столбы, или «свидетели». Одинокими сторожевыми башнями возвышаются такие столбы среди «выглаженных» пустынных пространств. Так как ветер поднимает песчинки обычно не выше 2 *м* от земли, то основание таких скал шлифуется и утончается быстрее, чем вершина, и получается скала, по форме похожая на гриб.

Группы грибовидных скал и ветровых столбов создают исключительно интересный, своеобразный ландшафт. Создается впечатление, что эти скалы — развалины разрушенных селений или башен и замков, живописно разбросанных среди пустыни.

Таков, например, в Западном Китае «Эоловый город» [1].

Пройдут тысячелетия, и неутомимый ветер с помощью захваченных частиц подточит скалы, опрокинет их и разбросает повсюду их обломки. Тогда возникнут щебневые пустыни. Они встречаются в Гоби. Щебневые пустыни представляют собой обширные выровненные пространства, усыпанные щебнем и песком, среди которых встречаются одиночные горы или же невысокие цепи остроконечных скал — остатки еще не до конца разрушенных горных цепей. Щебневая пустыня является переходной к песчаной, особенно широко распространенной на Земле. Такие песчаные пустыни встречаются у нас в Средней Азии — Каракумы и Кызылкум, в Центральной Азии — Гоби, в Африке — Сахара и в ряде других мест.

Ветер находит в пустынях много материала для образования сыпучих песков, возникающих преимущественно в результате выветривания обнаженных горных пород. Кроме того, в пустынях имеется много рыхлого аллювия (отложения текучих вод) и отложений, усыхающих после весеннего разлива рек и потоков (силей), образующихся во время дождей в горах.

В Средней Азии большие площади заняты отложениями прежде существовавших озер и рек, переменивших свое русло или совсем исчезнувших. Эти отложения состоят из песка и ила, совершенно высохших и легко развеваемых ветрами. Так образовались песчаные пустыни — Каракумы («Черные пески»), Кызылкум («Красные пески»), Муюнкум, Большие и Малые Барсуки и др. Количество материала, развеваемого ветром, постоянно растет за счет отложений во время разливов Аму-Дарьи и прибоя на берегах Аральского моря.

Ветер в пустынях не случайный гость, а, можно сказать, хозяин. С восходом солнца почти всегда появляется ветер: сначала это слабый ветерок, но потом он постепенно усиливается, достигает наибольшей силы около полудня и затихает только ночью. Нередко случаются бури, свирепствующие иногда по двое-трое суток.

Всюду, где ветер встречает рыхлую почву, он подхватывает песчинки и несет их с собой до ближайшего препятствия.

Перед препятствием накапливается песчаный плоский холмик, у которого очень скоро изменяются склоны: наветренный, с которого ветер уносит песок дальше, становится более пологим, а подветренный, на котором песок накапливается, делается круче, и по нему

[1] Эол — бог ветров у древних греков. «Эоловый город» открыт автором статьи акад. В. А. Обручевым в 1906 г. в Западном Китае.

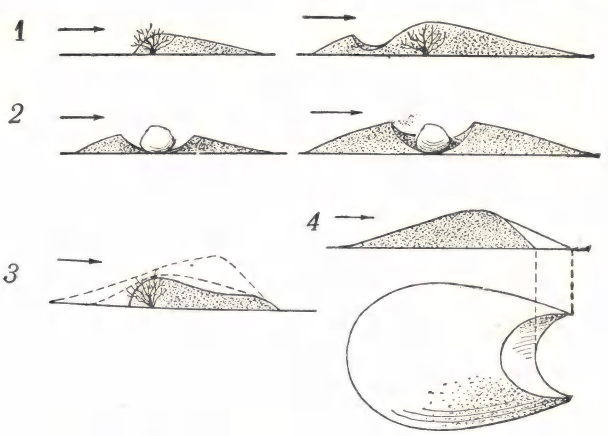
приносимый ветром песок сам скатывается вниз. По обоим боковым склонам холмика ветер переносит песчинки дальше; постепенно холмик получает форму, похожую на копыто лошади. Такие холмы получили тюркское название б а р х а н, и оно вошло во всеобщее употребление.

Сыпучие пески, состоящие из таких холмов и занимающие иногда громадные площади, называют б а р х а н н ы м и песками. Большие барханы могут передвигаться на 2—3 *м* в год.

При сильном ветре небольшой бархан передвигается на 1—2 *м*, а иногда и 10 *м* за сутки. Площадь, сплошь покрытая барханами, походит на поверхность застывшего бурного моря. Наветренные склоны каждой гряды покрыты рябью — мелкими волнистыми гребешками. При сильном ветре рябь исчезает, так как вся поверхность наветренных склонов приходит в движение: песок несется струями вверх по склонам барханов и льется каскадами с подветренной стороны. Со всех гребней барханов более мелкие частицы поднимаются вверх в виде пыли, затемняя воздух.

Высота барханов различная, обычно от 15 до 20 *м*, но в некоторых местностях и до 100—200 *м*,— это целые горы песка. Таковы пески пустыни Такла-Макан и Алашань в Центральной Азии, некоторые части пустынь Сахары и Аравии. Очень высокие барханы образуются в пустынях Каракумы в Туркмении и Кызылкум в Казахстане и Узбекистане. Барханные пески не лишены растительности. Ветры заносят семена растений в песчаную пустыню, семена прорастают и укрепляются, особенно в котловинах между барханами. Там растут некоторые злаки, кустарники, среди которых интересны разные виды саксаула, образующего иногда целые леса. Кусты саксаула достигают 3—4 *м* высоты, имеют кривые, часто ветвящиеся стволы с очень неровной корой. Саксаул, с его тонкими длинными зелеными веточками и редкими крошечными листочками, дает только прозрачную тень. Такая форма листиков уменьшает испарение воды растением. Древесина саксаула твердая, ее очень трудно рубить топором.

Пустыня была родиной скотоводства. Произрастающие там растения дают пищу скоту. И теперь пустыни используются как пастбища.



Стадии образования барханов (стрелками указано направление ветра):

1 — вокруг куста образуется песчаный холм, перерастающий затем в бархан; 2 — камень мешает движению песка, и вокруг него образуется бархан; 3 — рост бархана; 4 — вид бархана сбоку и сверху (в плане).

Барханы.

Котловина, заросшая саксаулом.

Ветер помогает образованию пыли и песка из гальки и других материалов на берегу моря и озер. Подсохнувшие песчинки подхватываются ветром, часто дующим со стороны моря или озера, и переносятся до первого препятствия — чаще всего какого-нибудь кустика на пляже или большого камня, где образуется холмик.

На берегу песчаный холмик не остается в одиночестве. Волны постоянно выбрасывают на пляж свежий песок, а ветер передвигает его дальше. Препятствий на пути движения песка много, и скоро начинается слияние отдельных холмиков с соседними справа и слева. Образуется д ю н а — песчаная гряда, параллельная берегу. Мало-помалу дюна растет, улавливая песок, приносимый ветром.

Ближайшая к берегу моря передовая дюна двигается, так как ветер постоянно переносит песок с наветренного склона на подветренный: она постепенно перемещается от берега в глубь суши. А когда подветренный склон дюны отодвинется достаточно далеко от берега, на месте этой дюны начнет возникать и медленно расти новая.

Так постепенно вдоль берега образуется несколько параллельных рядов дюн.

На берегах Балтийского моря дюны достигают высоты 20—30 *м*, на берегу Атлантического океана во Франции — до 50—100 *м*, а на берегах Средиземного моря — даже до 150—200 *м*. Быстрота передвижения отдельных маленьких дюн может достигать в бурную погоду 2—3 *м* в сутки, большие же дюны передвигаются на расстояние от 1 до 20 *м* в год. При своем движении дюны засыпают леса, пашни, селения. Наступающие дюны местами запруживают речки, впадающие в море, заставляют их разливаться, заболачивать местность.

Передвижение дюн люди стараются остановить. Пляж, с которого ветер уносит песок на дюны, закрепляют посевом трав и посадкой кустов; дюны же закрепляют сначала посевом трав, а затем посадкой деревьев, особенно сосен, хорошо растущих на песчаной почве. Постепенно человек превращает дюны в сплошные леса и сады и совершенно останавливает их перемещение.

В нашей стране морские и речные дюны находятся на берегах Балтийского, Черного, Каспийского и Аральского мо-

Передвижение дюн задерживают посаженные травы и кустарники.

рей и по нижнему течению рек Волги, Дона, Днепра, Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи. Успешная борьба с дюнами ведется на Балтийском море и по Днепру.

Хотя обширные площади песков допускают только редкое заселение человеком или даже совсем не допускают его, все же они могут быть завоеваны и превращены из пустынь в леса и сады. В большей части песчаных пустынь песок на небольшой глубине содержит достаточно влаги, которая холодными ночами образуется из водяных паров воздуха и питает растения. Для закрепления песков необходимо сеять травы, хорошо растущие на песке, а когда травы укрепятся, начать посадки деревьев, кустов и создавать лесные полосы.

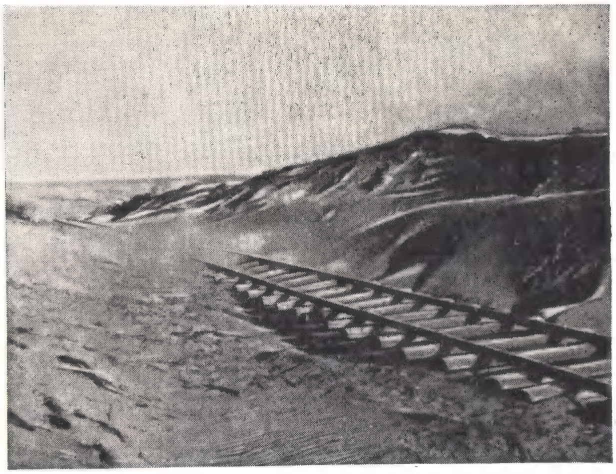
В старинных китайских летописях встречается немало рассказов о страшных бедствиях, постигавших селения на окраинах пустыни. В прежние времена люди не умели бороться с упорно продвигающимися барханами, они покидали свои селения, и пустыня поглощала их.

Еще в XIII в. в пустыне Гоби был известен город Хара-Хото («Черный город»), покинутый жителями, так как на него начали наступать пески, вскоре его полностью засыпавшие.

Честь открытия г. Хара-Хото, похороненного под песками, принадлежит путешественнику П. К. Козлову (см. том 1 ДЭ, стр. 405).

В жаркие дни в пустынях и степях Средней Азии можно постоянно наблюдать образование так называемых т р о м б о в, или пылевых воронок. То тут, то там на поверхности земли возникает быстрое спиральное вращение воздуха в виде столба пыли, воронкообразно расширяющегося кверху. Этот столб, крутясь, несется по земле. Все новые и новые частицы пыли и другие легкие предметы — сухие листья, стебельки — всасывает тромб в себя. Они крутятся спиралью по поверхности столба, поднимаясь все выше, пока наконец на высоте до 300 *м* весь столб не рассеется. Более крупные предметы (стебли, песчинки) падают на землю, мелкая же пыль долго остается в воздухе, который в течение дня постепенно теряет свою прозрачность.

Запыляют воздух барханные и другие (бугристые, грядовые) пески. Ведь на их поверхности постоянно образуется пыль. В летнее время обнаженная поверхность песков днем нагревается солнцем до 60—80°, ночью остывает до 15—20°; зимой она нагревается меньше, но охлаждается больше. Различные минералы, составляющие песчинки, от такого колебания температуры растрескиваются и рассыпаются на пылинки. Поэтому каждый порыв ветра всегда находит на поверхности песка некоторое количество новых пылинок, которые он и поднимает.



Подвижные пески.

Таким образом, в пустынях и полупустынях процессы выветривания и работа ветра постоянно создают много пыли. Ветры переносят эту пыль на огромные расстояния. Например, из Сахары пыль летит и на север — в Европу, и на запад — в Атлантический океан. Сбор этой пыли (при выпадении ее со снегом или на снег) и соответствующие подсчеты показали, что ветром переносятся многие тонны пыли.

В воздухе пыль держится долго, делая его менее прозрачным, так что солнце иногда кажется красным шаром без лучей, а дальние горы еле видны сквозь дымку. После каждого дождя или снега «промытый» воздух становится более чистым и прозрачным.

Пыль, которая образуется процессами выветривания и перевеванием сыпучих песков, выносится ветрами на окраину пустынь. Здесь она мало-помалу осаждается, главным же образом прибивается дождем и снегом к земной поверхности, покрывая всю растительность, с которой ее смывает дождь. Окраины пустыни покрыты уже более густой растительностью, улавливающей пыль. Постепенно накапливаясь по 1—2 *мм* в год, эта пыль в течение тысячелетий образует особый вид отложений, которые называются л ё с с о м или ж е л т о з е м о м.

Лёсс залегает толщами от нескольких метров до нескольких сотен метров.

Лёсс имеет серо-желтый или буровато-желтый цвет, легко режется ножом, раздавливает-

Древние пещерные жилища, вырытые в мощной толще лёсса в Китае. В старом Китае в пещерных городах ютилась городская беднота.

ся и растирается между пальцами, причем ясно ощущаются песчинки среди более мелких частиц. Несмотря на такую непрочность связи частиц, лёсс образует отвесные обрывы до 20 и более метров высоты.

Характерные качества лёсса — его неслоистость и пористость — созданы отложением пыли без помощи текучей воды[1].

В руслах рек и ручьев и на склонах гор и холмов пыль, приносимая ветром, отлагается при участии текучей воды слоями. Эти пылевые отложения распространены наряду с неслоистым пылевым лёссом, и их называют л ё с с о в и д н ы м и. Они несколько отличаются по составу и строению от типичного неслоистого лёсса. Лёссовидные породы, как и лёсс, образовались в сухие ледниковые климатические эпохи.

Лёссовые отложения содержат различные вещества, нужные растениям, — калий, известь, фосфор, аммоний и даже перегной в виде частиц помета диких и домашних животных. Пористость лёсса позволяет корешкам растений проникать легко и глубоко в его толщу и извлекать нужные им вещества.

История четвертичного периода (см. стр. 205) убеждает, что было время, в течение которого климатические условия в некоторых странах на материках Земли способствовали отложению огромного количества пыли, создавшей толщи в несколько десятков метров. Лёсс образуется и теперь в тех странах, где имеются соответствующие условия: достаточно обширная пустыня в качестве «фабрики» пыли и по ее окраинам степи, на которых эта пыль может накопляться. В Северном Китае отложение лёсса происходит и в настоящее время, хотя и не в таком количестве, как в течение последней ледниковой эпохи.

Лёсс встречается на всех материках. Наибольшая площадь его находится на самом крупном материке — Азии — и занимает все провинции Северного Китая. В некоторых местах мощность лёсса достигает, возможно, 300—400 *м* (точно она еще не измерена). Кроме того, лёсс широко распространен по всей окраине Центральной Азии.

В СССР наибольшую площадь лёсс занимает на Украине, достигая местами 30—60 *м* мощности. Но здесь он является ископаемым и в настоящее время не образуется. Этот лёсс отлагался в то время, когда северная половина Европейской России была покрыта ледником, с которого на юг дули холодные ветры и сносили пыль, образовывавшуюся на южной окраине ледника при развевании песчано-илистых отложений послеледниковых вод, морен и песчано-галечных отложений ледника. Ветры уносили эту пыль на юг, на расстилавшиеся там сухие степи (где ныне расположена Украина). Принос пыли прекратился, когда климат на территории Европейской России изменился, ледник отступил и растаял, а пустыня, окаймлявшая ледник с юга, исчезла и уступила место лесам.

Лёсс распространен также в Польше, Румынии, Австрии, Венгрии, Чехословакии, Средней Германии и Франции. Лёсс — мягкая, но вполне устойчивая порода. В нем нетрудно вырыть пещеру.

Таким образом, мы видим, что деятельность ветра преображает поверхность Земли. Ветер не только разрушает, но и создает новые формы поверхности.

Энергия ветра еще очень мало используется, хотя мировые запасы ее велики.

[1] Существуют и другие теории образования лёсса.

КАК МОРЕ СОЗДАЕТ И РАЗРУШАЕТ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Видели ли вы море во время большого волнения, когда дует сильный ветер и морские волны с шумом налетают на крутые скалистые берега? Неумолкающий гул разбивающихся валов далеко разносится по берегу. Море как бы кипит. Оно имеет темный, свинцово-серый цвет. Вспененные волны подхватывают обломки горных пород, которые лежат на берегу, и с силой ударяют ими о прибрежные скалы. Чтобы судить о силе волн, особенно могучих в период штормовых ветров, достаточно сказать, что волны в среднем оказывают давление от 3000 до 30 000 *кГ* на 1 *см*² суши. Под напором такой силы сокрушаются скалы и разрушаются железобетонные портовые сооружения.

Но вот ветер стих; успокаиваются волны, и морская гладь снова приобретает голубовато-синюю окраску. Лишь редкие всплески лениво набегающего прибоя нарушают тишину. Повсюду на берегу валяются обломки пород, недавно с шумом перекатывавшиеся волнами. Присматриваясь к отложениям моря, мы видим, что они окатаны и поверхность их отполирована, иногда даже до блеска. Такие окатанные водой мелкие обломки пород называют г а л ь к о й.

Подхватывая обломки, волны трут их друг о друга, шлифуют и бьют ими о прибрежные скалы. Эта работа, совершаемая морскими волнами в течение многих тысяч и миллионов лет, приводит к разрушению скал: они постепенно подтачиваются в основании под ударами бомбардирующих их обломков. Вышележащие толщи пород нависают в виде карниза над выбитой волнами нишей, которая становится все глубже. Потеряв равновесие, карнизы с шумом обваливаются вниз и становятся добычей волн, которые их разбивают, окатывают и в конце концов превращают в гальку и песок.

Удивительно красивые скалы встречаются, например, на восточном побережье Крыма, у Кара-Дага. Здесь из моря подымаются каменные громады, насквозь пробитые и источенные волнами. Скалы с глубокими каналами, промытыми волнами, можно видеть также у берегов Австралии.

Сквозные «ворота» встречаются у скалистых берегов Японии, Калифорнии, Исландии, на Атлантическом побережье Франции и на других скалистых побережьях.

Под влиянием разрушительной деятельности волн скалистый берег постепенно отступает и у подножия скал на уровне моря образуется п р и б о й н а я п л о щ а д к а. Она со временем разрастается. Чтобы достигнуть скал, волнам приходится пробегать все большее расстояние. При этом в силу трения, замедляющего их бег, они теряют часть своей энергии и, отступая, оставляют на прибойной площадке песчинки и гальку, захваченные в береговой полосе. Так происходит намывание песчаных и

Береговые скалы «Три брата» у Авачинской бухты (Камчатка). Эти скалы приобрели такую форму в результате деятельности моря.

галечных осадков — образуется береговой пляж.

Море, занимающее $^2/_3$ земной поверхности,— могучий геологический деятель, отлагающий мощные толщи осадков.

Издавна море привлекало к себе внимание ученых. Однако изучать океанические пучины трудно и опасно. В специальных аппаратах люди опускаются в толщу морской воды. Наибольшая глубина, на которую удалось проникнуть, — 4050 *м* (на эту глубину опустились в 1954 г. французские исследователи Гуго и Видим). Но это еще сравнительно не глубоко, так как наибольшие глубины, обнаруженные в Тихом и Атлантическом океанах, превышают 10 000 *м*.

Океаническое дно исследуют лотом и глубоководными тяжелыми сетями-тралами, спускаемыми в море на стальных тросах. С помощью лотов и тралов извлекают морских животных и осадки со дна самых глубоких океанических впадин.

Береговой пляж.

Морская фауна отличается большим разнообразием и богатством форм. Оказалось, что живые организмы распространены от поверхностных слоев воды океана до самых больших глубин.

Однако наибольшее богатство и разнообразие органического мира наблюдается лишь до глубины 200 *м*. Сюда еще проникает свет, необходимый для жизни растений, а в тропическом и тепло-умеренном поясах вода хорошо прогревается солнечными лучами. Кислород, необходимый для жизни, попадает сюда не только из воздуха, но и обильно выделяется живущими в воде растениями. Вот почему мелководная зона моря, опоясывающая континенты то более узкой, то более широкой каймой, отличается особенно благоприятными условиями для развития жизни.

Среди морей, омывающих берега СССР, наибольшим богатством и разнообразием организмов отличаются Баренцево море, особенно Мурманское побережье, и мелководная часть Японского моря. Здесь жизнь бьет ключом. В воде плавают самые разнообразные рыбы, среди которых много промысловых. Прозрачные одноклеточные водоросли и корненожки — простейшие микроскопические животные с тонкими известковыми и кремнёвыми скелетами — огромными массами переносятся в толще воды.

Они служат пищей для рыб и других морских животных. На дне обитают многочисленные ярко окрашенные моллюски, морские звезды, морские ежи, крабы, губки и т. д. Местами их так много, что они сплошным ковром устилают дно моря, где в изобилии растут и водоросли. У берегов Курильских о-вов встречаются гигантские формы коричневых водорослей, достигающих в длину 60 *м*.

Наиболее богата и разнообразна жизнь в теплых тропических морях, где высокая среднегодовая температура. Для этих морей характерно развитие животных с мощными известковыми панцирями и раковинами. После смерти организмов их известковые скелеты накапливаются в огромном количестве; со временем они цементируются известковыми солями, выпадающими из морской воды, и превращаются в известняки.

Особенно мощные отложения известняков встречаются в коралловых рифах, развивающихся в экваториальной зоне океанов. Рифы — пример необыкновенно богатого скопления животных и растений. Основу рифовой построй-

ки составляют сами рифостроители — коралловые полипы, имеющие известковый скелет. Это колониальные организмы. Форма колоний, образованных многочисленными ячейками полипов, чрезвычайно разнообразна: шаровидная, грибовидная, пластинчатая, ветвистая. Колонии кораллов часто окрашены в пурпурный, зеленый и желтый цвет. Образование и рост колоний происходят благодаря размножению полипов почкованием. Колонии прикреплены к скалистому дну моря или нарастают одна на другую.

Такие колонии лучше всего растут на глубине 10—12 *м*. Среди них поселяются пестро окрашенные рыбы, ярко-красные морские звезды, проворные крабы, пурпурные устрицы, фиолетовые черви и многие другие животные.

Атолл, или кольцевой риф. Такие коралловые постройки часто встречаются в океане и нередко образуют архипелаги островов.

Коралловые рифы бывают различной формы. Встречаются рифы, растущие около берега; это так называемые окаймляющие рифы. Они известны в Красном море у Синайского п-ва, у берегов Флориды (Северная Америка). Ширина их невелика, до $^1/_2$ *км* или несколько более. Рост рифов происходит со стороны открытого моря, где вздымаются мощные волны, которые приносят с собой пищу и кислород, необходимые для жизни коралловых полипов.

В том случае, когда рифовые постройки отделяются от берега проливом или лагуной[1], они образуют так называемый барьер, как например Большой Барьерный риф у северо-восточных берегов Австралии. Этот длинный риф протягивается более чем на 2000 *км*. На рифовых постройках у Австралии возникают песчаные острова, покрытые роскошной тропической растительностью.

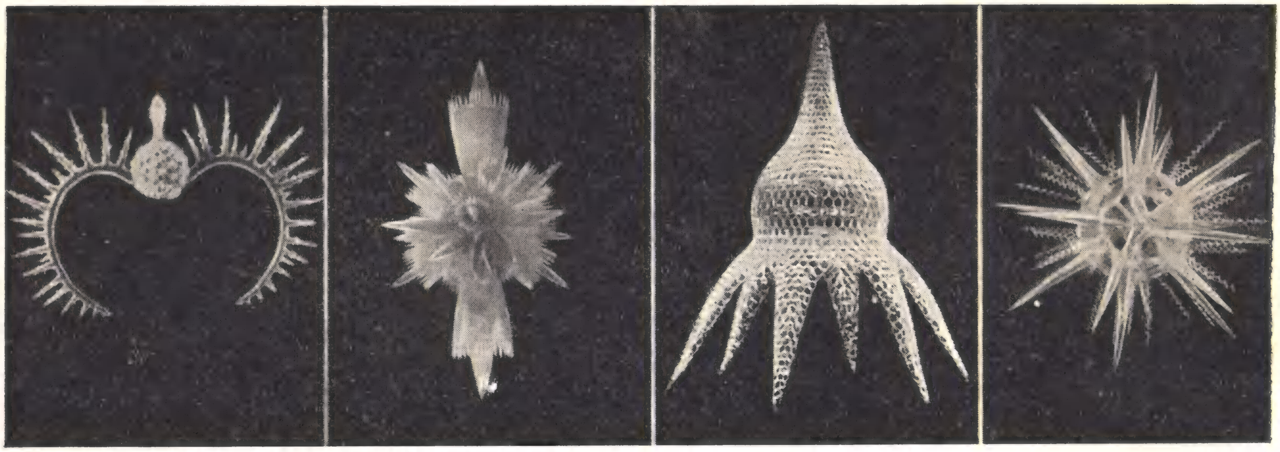
Особенно интересны коралловые сооружения, называемые **кольцевыми рифами** или **атоллами**. Они рассеяны среди океанических просторов и нередко образуют архипелаги островов. Примером таких архипелагов могут служить Маршалловы и Каролинские о-ва в Тихом океане, Мальдивские — в Индийском океане.

Острова на атолле располагаются по кругу, в центре которого находится лагуна. Кольцо островов достигает не более 1 *км* ширины.

Атоллы представляют собой красивое зрелище: на ослепительно белом коралловом песке

Коралловый риф во время отлива.

[1] Лагуна — мелководный залив или бухта, отделившаяся от моря вследствие образования песчаной косы или рифа.



Скелеты простейших организмов — радиолярий — имеют самую разнообразную форму.

раскинуты рощи стройных пальм, бананов и хлебного дерева.

Лагуна размером от 1 до 110 *км* в диаметре представляет собой своеобразное внутреннее море, отличающееся спокойными лазурно-голубыми водами. Воды лагуны составляют удивительный контраст с вечно волнующимся открытым океаном, где постоянно бушуют волны, разбивающиеся о крепкий, слегка приподнятый край рифа, имеющий вид гребня.

Глубже 200 *м* доступ солнечных лучей в воды океана затруднен, там господствуют сумерки, которые сменяются тьмой на глубине 500 *м*, и температура воды понижается.

На глубине примерно до 1000 *м* (и несколько глубже) накапливаются илы, окрашенные в красный или зеленовато-голубой цвет. Они слагаются из тончайших зерен разнообразных минералов: больше всего окислов железа, кварца, кальцита. Высушенный ил представляет собой тонкий порошок, легко растирающийся между пальцами.

Эти минеральные илы накапливаются не в центральных частях океанов, а ближе к континентам. Так, они известны у восточных берегов Южной и Северной Америки, у берегов Западной Европы.

Главная масса минеральных осадков в эти глубины попадает из верхних слоев воды, куда они приносятся реками. Ежегодно реки выносят в море огромное количество обломков. Более крупные обломки оседают в мелководной полосе моря, а мельчайшие частички минералов уносятся дальше от берега и там в конце концов оседают на дно.

В пучины центральных частей океанов почти не доходят зерна минералов, приносимых реками с континентов. Там происходит накопление осадков главным образом за счет скелетов планктонных организмов. Среди них попадаются простейшие животные — корненожки с красивой известковой или кремнёвой раковиной. Особенно красивой формы раковины встречаются у лучевиков. Они состоят из тончайших кремнёвых иголочек, переплетающихся между собой и образующих ажурную решетку. Кроме микроскопических корненожек, в образовании глубоководных осадков принимают участие микроскопические одноклеточные диатомовые водоросли, заключенные в изящные кремнёвые панцири.

После смерти простейших животных раковины их медленно падают на дно. Оседание их совершается в течение десятков лет, так как удельный вес раковин близок к удельному весу морской воды; те из них, которые не успеют раствориться по пути, достигают дна. Накопление осадков из раковин в пучинах происходит в течение многих сотен, тысяч и даже миллионов лет.

Кремнёвые скелеты, труднее поддающиеся растворению, проникают глубже (до 7000 и даже 8000 *м*), чем известковые (до 5000, реже — 5500 *м*). Обширные участки дна в центральных частях Тихого, Атлантического и Индийского океанов покрыты осадком, состоящим из известковых скелетов планктонных организмов. На севере же Атлантического океана на дне отложились кремнёвые скелеты лучевиков. В антарктических водах на дне океанов проходит широкая полоса диатомового кремнёвого ила.

Морской прибой.

Коралловые рифы.

На глубинах свыше 8000 *м* накапливается очень интересный осадок, получивший название к р а с н о й о к е а н и ч е с к о й г л и н ы. В этой пластичной глине шоколадного цвета находят иногда зубы вымерших акул.

Красная океаническая глина накапливается чрезвычайно медленно. Об этом свидетельствует тот факт, что зубы акул, исчезнувших приблизительно 30 млн. лет назад, перекрыты осадком всего в 10—12 *см* толщины. Медленность накопления красной глины объясняется способом ее образования. Она возникает из вулканического пепла, выброшенного высоко в атмосферу при сильных извержениях и разносимого воздушными течениями, из метеорной пыли и частью из пыли, выносимой ветром в море с континентов.

Так, например, пыль из пустыни Сахары уносится ветрами в Атлантический океан. Там, где ветер стихает, эта пыль, так же как метеорная и вулканическая, выпадает из атмосферы на поверхность океана, а затем медленно опускается на дно, где она постепенно накапливается.

Еще Чарлз Дарвин во время своего известного путешествия на корабле «Бигль» обратил внимание на выпадение в центральных частях Атлантического океана пыли, принесенной ветром из Сахары.

Море — гигантский «склад» осадков. В образовании морских осадков принимают участие реки, приносящие обломки пород и минералов с суши, сами морские волны, разрушающие берега, а главное — огромное количество разнообразных организмов, населяющих моря и океаны.

Есть еще один вид осадков — химические осадки, или соли (гипс, каменная и калийная соли), которые возникают при усиленном испарении морской воды в заливах и лагунах. Границы суши и моря непостоянны. Море может наступать на сушу и заливать большие участки континентов. Наступающее море размывает и выравнивает поверхность суши, покрывая ее своими осадками. Очертания древних морских бассейнов большей частью не совпадают с контурами современных морей. Так, например, под Москвой можно найти известняки, глины, пески с морскими раковинами, свидетельствующие, что миллионы лет назад здесь бушевали морские волны. Моря не раз заливали территорию нынешнего Подмосковья.

Существование древних морей установлено во многих местах земного шара. Нередко можно видеть, как морские осадки покрывают смятые в складки пласты, представляющие собой основания разрушенных и выровненных наступающим морем древних гор.

Благодаря перемещению границ суши и моря разрушительная работа морских волн играет немалую роль в изменении рельефа земной поверхности.

Разрушительная деятельность моря сосредоточена у его берегов и значительно уступает по своим размерам его созидательной работе.

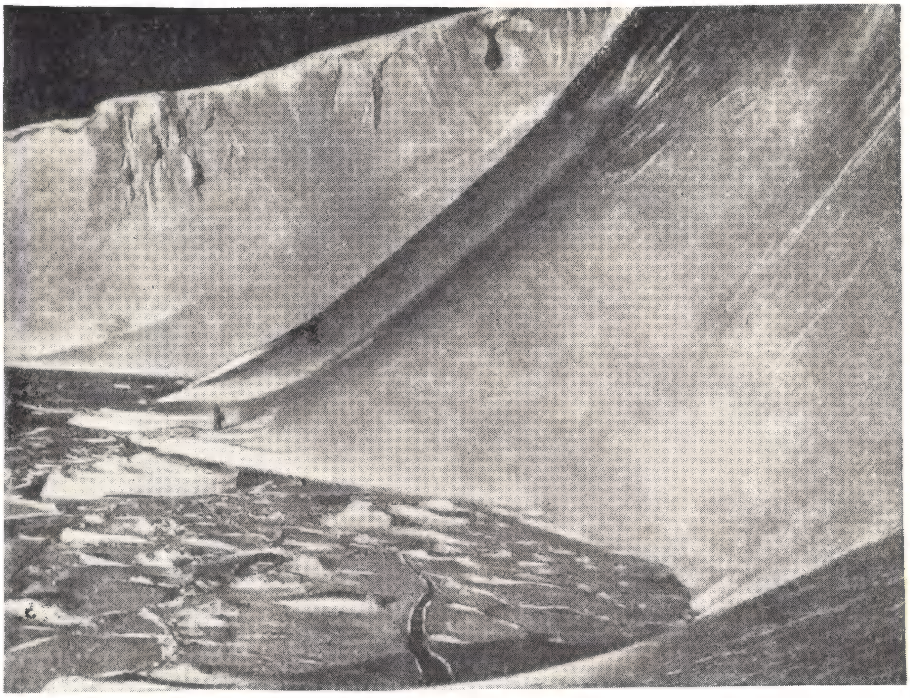
ЛЕДНИКИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ЖИЗНИ ЗЕМЛИ

На земном шаре есть области, покрытые никогда не стаивающими льдами и снегами. Они располагаются там, где климат холодный и влажный, зима длинная и снежная, а лето прохладное и короткое. Снег не успевает растаять за лето. Год за годом накапливается он в углублениях или котловинах и с течением времени сплошным покровом одевает поверхность Земли. Такие области находятся в полярных странах и высокогорных районах. Общая их площадь на земном шаре в настоящее время около 16 млн. $км^2$.

Снег, который накапливается в котловинах, в солнечные дни оттаивает на поверхности, а ночью снова подмерзает. Так образуются ледяные корочки, которые хорошо известны лыжникам под названием н а с т а.

Часть талой воды просачивается внутрь слоя снега и там застывает в виде тоненьких пленок, окружающих отдельные снежинки. Каждая снежинка, покрытая льдом, имеет вид зерна, и весь слой снега постепенно становится зернистым. Слежавшийся, уплотнившийся снег с отдельными зернышками льда называется ф и р н о м.

Зернышки постепенно увеличиваются в размерах. Нижние слои фирна все больше и больше уплотняются, и наконец они превращаются в непрозрачный зернистый белый лед, называемый ф и р н о в ы м л ь д о м.



Ледяной барьер Росса.

большим, лед начнет вытекать из котловины, образуя ледник.

Ученые различают несколько типов ледников. Главные из них — материковые и горные ледники.

Материковый ледник сплошной массой покрывает о-в Гренландию и большой южный континент Антарктиду.

На о-ве Гренландии лед имеет огромную толщину — свыше 3 *км*.

Как же могла образоваться такая огромная ледяная шапка?

Остров представляет собой равнину, с севера и востока окаймленную горами. На этой равнине имеются углубления, или котловины, в которых накапливался снег. Постепенно он слеживался, уплотнялся, превращался в фирновый, а затем и в глетчерный лед. Когда давление на глетчерный лед увеличилось настолько, что он приобрел текучесть, из котловины начали медленно вытекать ледники, расползаясь во все стороны, как тесто, переполнившее кастрюлю. Ледники из разных котловин слились вместе и образовали огромный ледяной покров большой толщины, который начал сползать в сторону общего уклона местности.

Снег продолжает накапливаться на поверхности; с каждым годом давление на фирновый лед все возрастает, он еще более уплотняется. Из него выделяются пузырьки воздуха, и ледяные зернышки перекристаллизовываются. Постепенно фирновый лед превращается в прозрачный голубоватый г л е т ч е р н ы й[1] лед, сплошь состоящий из ледяных кристаллов.

Лед обладает очень интересной особенностью — пластичностью. Под давлением он начинает течь, как жидкость, оставаясь в то же время твердым телом, подобно воску, сургучу, сапожному вару, стали, олову и некоторым другим веществам. Если поместить кусочки сапожного вара в воронку и оставить их на несколько часов, то вар постепенно начнет вытекать через горлышко воронки. Но если стукнуть молоточком по вытекающей струйке, она разлетится на мелкие осколки, так как она твердая и хрупкая. Таким образом, застывший сапожный вар одновременно обладает свойствами и твердого и жидкого тела. Именно благодаря пластичности металлов их можно ковать и прокатывать, тянуть из них проволоку, штамповать.

Когда на глетчерном льду накопится много фирна и снега, а давление будет достаточно

[1] Глетчер — по-немецки «ледник».

Материковые ледники движутся довольно быстро, так как глетчерный лед обладает большой пластичностью вследствие его огромного веса. Скорость некоторых ледников Гренландии доходит до 40 *м* в сутки.

Ледники Гренландии и Антарктиды спускаются в океан, обламываются и дают начало ледяным плавучим горам — а й с б е р г а м. Большие айсберги имеют форму либо причудливых скал, высотой иногда более 100 *м* над уровнем моря, либо плавучих островов, достигающих нескольких десятков километров в длину. Иногда они похожи на огромные столы с плоской верхушкой, покрытой ослепительно-белым снегом. Постепенно ледяные острова обтаивают и принимают удивительные формы, напоминающие египетские пирамиды, арки, башни, огромные мраморные статуи, за́мки. Под солнечными луча-

ми они сверкают и переливаются различными оттенками синего и зеленого цвета, а на закате пылают багровыми и фиолетовыми огнями. Освещенный солнцем айсберг — зрелище необыкновенно красивое.

Безмолвно движущаяся ледяная громада айсберга иногда бывает похожа на белый призрак.

В 1912 г. погиб пересекавший Атлантический океан огромный пароход «Титаник», столкнувшись в тумане с айсбергом, занесенным течением в такие широты, где обычно плавучие льды не встречаются. В прежние годы капитанам кораблей приходилось напряженно вглядываться во мглу, чтобы избежать гибельной встречи с айсбергом. Теперь на судах устанавливают радиолокаторы—приборы, заранее предупреждающие об опасности.

Путешественникам по северным морям иногда удавалось наблюдать интересное явление — взрывы айсбергов, плавающих по водам океана. Эти взрывы поражают своей неожиданностью и красотой.

Вот величественно плывет огромная белоснежная ледяная скала. Вдруг воздух сотрясает взрыв и скала разлетается на мелкие обломки, которые поднимаются вверх, а затем дождем сыплются на поверхность океана. Впечатление такое, как будто в айсберг угодила бомба.

Ученые установили причину взрывов ледяных гор. Дело в том, что свежевыпавший снег содержит в себе очень много воздуха, который

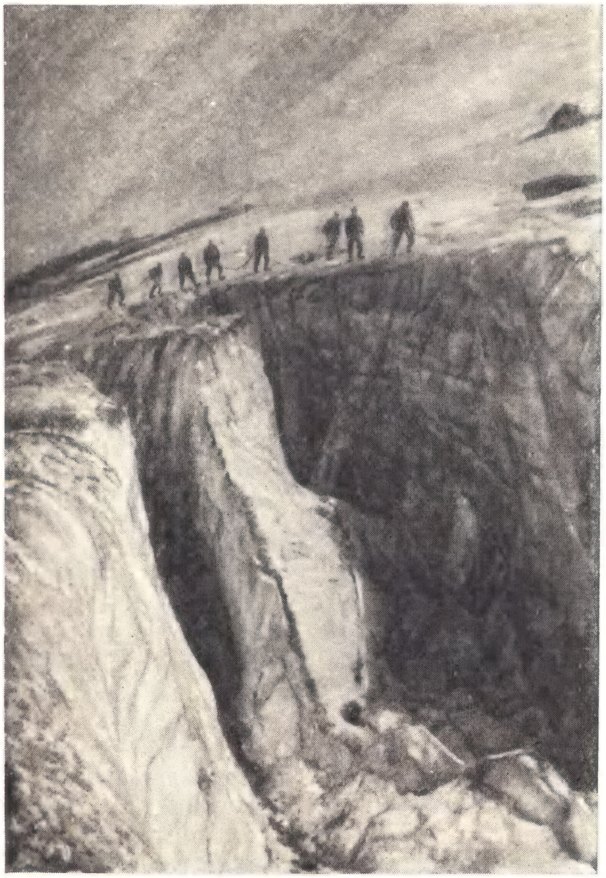
Трог — долина, выпаханная ледником, имеет корытообразную форму (Новая Зеландия).

при уплотнении льда и снега проникает внутрь ледника и постепенно уходит оттуда по трещинам. Но если трещин нет, то воздух может скопиться в какой-нибудь пустоте или камере внутри льда. Там он находится под большим давлением. По мере уплотнения льда давление все увеличивается. При таянии ледника камера со сжатым воздухом может внезапно вскрыться, в результате этого давление в ней сразу резко понизится, воздух быстро расширится. Все это вызовет настоящий взрыв. Если ходить по поверхности ледника в жаркий солнечный день, то можно услышать звуки, похожие на хруст. Они доносятся откуда-то из-под ног, из внутренних частей ледника.

Столообразный айсберг.

Люди долго не могли понять происхождения этого хруста и связывали с ним различные легенды о горных духах. А на самом деле это взрываются внутри ледника маленькие камеры со сжатым воздухом.

Горные ледники берут начало из котловин, расположенных на склонах высоких гор, выше границы вечного снега. Они текут вниз по ущельям и долинам. На своем пути лед расширяет и обтачивает склоны долины, отчего она постепенно приобретает характерную форму корыта; поэтому ледниковую долину называют **трогом**, что по-норвежски значит



Трещины на леднике Гиссарского хребта. На льду — альпинисты Узбекистана.

«корыто». Если смотреть на горный ледник сверху, то он похож на широкую неожиданно остановившуюся реку.

Толщина льда в горных ледниках исчисляется несколькими сотнями метров, а скорость движения очень мала. Однажды группа ученых, изучавшая горные ледники, вырубила себе во льду под огромным валуном целую квартиру — комнату и кухню, которую они называли своей гостиницей. Валун вместе с «гостиницей» за два года переместился всего на 146 *м* по течению ледника. Некоторые ледники движутся еще медленнее. Так, например, ледники Кавказа имеют скорость не более 35—45 *м* в год. Зато крупные ледники Памира и Тянь-Шаня, имеющие в длину до 80 *км*, движутся со скоростью до 1200 *м* в год.

Горные реки часто образуют пороги и водопады, так как вдоль их русла имеются уступы, похожие на крутые ступени. Ледник, стекая по таким ступеням, образует ледопады. Лед не так пластичен, как вар или воск, поэтому в местах ледопадов ледник раскалывается глубокими поперечными трещинами и распадается на отдельные глыбы, принимающие при таянии причудливые формы. Глубокие трещины образуются и на поверхности ледника, по краям его, где движение льда замедляется трением о берега долины. Трещины ледника очень опасны для альпинистов, особенно если их покрывает свежевыпавший снег. Некоторые трещины пересекают всю толщу льда, достигая иногда 250 *м* глубины.

Горные ледники кончаются там, где солнечного тепла достаточно, чтобы растопить весь притекающий лед. В конце ледника из-под него вытекает бурная горная речка, питаемая талыми водами ледника.

Многие крупные реки Кавказа и Средней Азии — Терек, Кура, Риони, Сыр-Дарья, Аму-Дарья и др.— начинаются из-под ледников.

Особенно многоводными эти реки бывают в жаркие летние месяцы во время усиленного таяния льда.

Ледник давит на поверхность земли своим огромным весом. При движении он производит большую разрушительную работу. Упавшие на его поверхность обломки, а иногда и огромные куски скал движутся вместе с ним. Такие скопления обломков горных пород на поверхности ледника, внутри его ледяной массы или под льдом называют мореной.

Различают морены донные, боковые, срединные, внутренние и конечные.

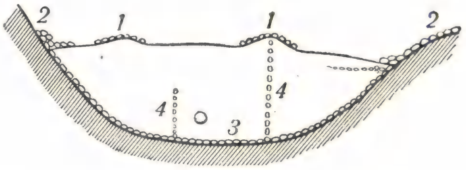


Схема расположения морен:

1 — срединная морена; 2— боковая морена; 3 — донная морена; 4 — внутренняя морена.

Валуны морены, особенно донной, часто бывают покрыты царапинами, полученными ими при движении ледника по твердым породам. В одних случаях ледник отрывает куски от скал, в других он шлифует и собирает обломки, встречающиеся на его пути.

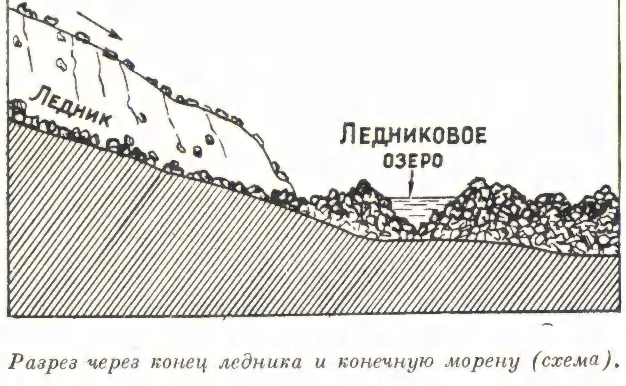
Морена образуется и на поверхности ледника, так как окружающие его горы выветривают-

ся, обломки их сваливаются на ледник и по его краям возникают как бы валы. Это так называемые боковые морены.

Если два долинных ледника соединяются в один, то две боковые морены образуют одну срединную морену; по числу срединных морен можно определить, из скольких ледниковых потоков образовался данный ледник.

В том месте, где ледник тает, принесенные им обломки накапливаются в виде вала полукруглой формы, называемого конечной мореной.

Высота этого вала иногда бывает значительной.



Разрез через конец ледника и конечную морену (схема).

Таким образом, ледники при помощи захваченных ими обломков сглаживают и разрушают горные породы, переносят обломки и откладывают их в местах таяния. Большую работу производят и ручьи, вытекающие из-под ледников. Они выносят материал морены и откладывают его в своем русле.

Отложение льда всегда можно отличить от осадков текучей воды: ледниковые морены не слоисты, и в них не наблюдается сортировка обломочного материала, тогда как талые воды ледника, перемывая морену, отлагают отсортированные слои галечников и песков.

В настоящее время материковые ледники не имеют широкого распространения, за исключением Гренландии и Антарктиды, покрытых громадным ледяным щитом, но примерно полмиллиона лет назад в Северном полушарии обширные ледниковые массы покрывали Северную Америку, Европу и Азию.

Средняя мощность ледяного покрова Европы, по предположению ученых, достигала 1000 *м*. До этого в Северном полушарии климат был мягкий и теплый. На территории Европы, например, жили такие южные животные, как страус, бегемот, огромный слон—мастодонт, лев, гиена и т. д. Но вот с похолоданием климата на Скандинавском п-ве образовался ледник, который распространился на значительную часть Европы. Ледники доходили на юге до Карпат, до места, где ныне расположен г. Днепропетровск. Постепенно южные животные вымерли. Их сменили животные полярного климата: северные олени, поросшие густой шерстью мамонты, волосатые носороги, волки, песцы и бурые медведи. Эти животные широко расселились к концу ледниковой эпохи. Остатки их ученые находят даже в Крыму, где в те времена климат был холодным.

Древние ледники, отступая, оставляли морены на огромной территории континентов. По этим характерным отложениям льда мы и узнаем о границах распространения ледниковых покровов.

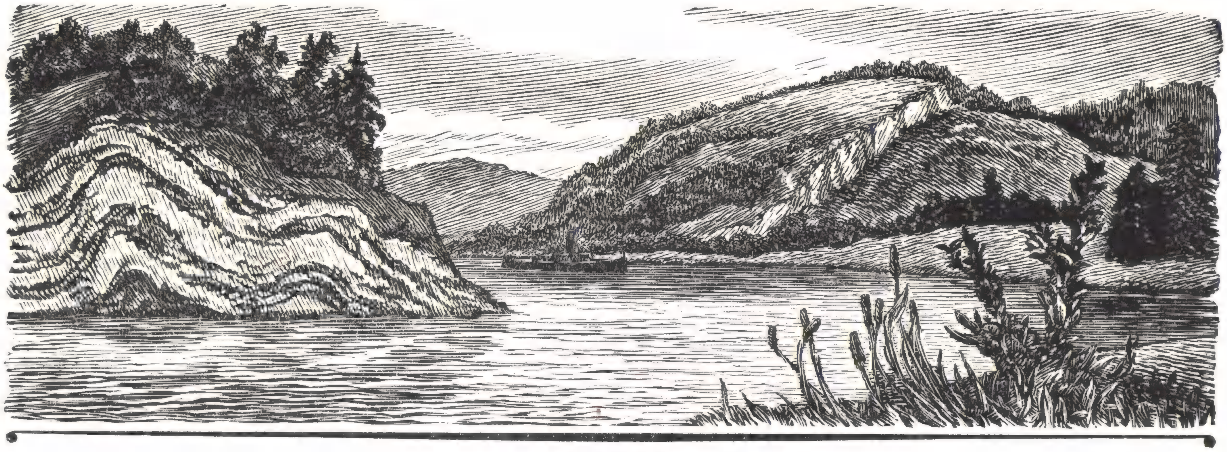
Когда ледник встречал на своем пути твердые каменные породы, он обрабатывал их, сглаживал, округлял, отполировывал. Так образовывались курчавые скалы и бараньи лбы. Изучая следы деятельности ледника и оставленные им морены, можно определить, откуда двигался ледник. Так, например, на юге СССР среди морены встречаются валуны таких пород, которые можно встретить только на Скандинавском п-ве. Отсюда ученые сделали вывод,

Бараний лоб.

Ледник Федченко.

что ледник нес эти валуны через всю территорию Русской равнины от Скандинавского п-ва до Днепра и Дона. На Западную Сибирь ледник наступал с Северного Урала и Новой Земли и с п-ва Таймыр. В Северной Америке образовались три громадных ледника, развившихся в северной части Кордильер и на п-ве Лабрадор. При скорости движения около 30 *м* в сутки леднику нужно было всего 200 лет, чтобы покрыть почти всю Европу и доползти до территории Днепропетровской и Сталинградской областей. Наука установила повторность оледенений, которые бывали не только в четвертичное время (в Европе четыре раза), но и в самые отдаленные эпохи истории Земли.

Изучением ледников занимается наука г л я ц и о л о г и я. Десятки ученых-гляциологов ежегодно выезжают в горные области и на далекий север для исследования ледников. Они производят измерения их скорости, мощности, длины, описывают состав фирна, морены, штрихи и царапины на валунах, ледниковые долины и т. д. Их работа на больших высотах и в области развития трещин часто бывает опасна для жизни. Гляциологи должны быть не только учеными, но и альпинистами. В настоящее время изучение ледников Памира и Тянь-Шаня приобретает особенно важное значение в связи с большими ирригационными работами, которые проводятся в песчаных пустынях Средней Азии. Ведь ледники служат как бы складами, в которых накапливается и сохраняется влага. Из-под ледников берут свое начало среднеазиатские реки, воды которых отводятся по каналам на поля. Полноводность этих рек в значительной мере зависит от количества снега, выпавшего в горах, от того, удлиняется или укорачивается ледник. Таким образом, изучение ледников имеет большое практическое значение. В последние годы советские ученые проводят большую работу, связанную с изучением оледенения Антарктиды (см. том 1 ДЭ).



В лаборатории природы

В МИРЕ КРИСТАЛЛОВ

Нередко в земле находят камни такой формы, как будто их кто-то нарочно вырезал, отшлифовал и отполировал. Правильная форма этих многогранников, безукоризненная плоскость их гладких, блестящих граней поражает нас. Такие камни с природной, т. е. сделанной не руками человека, многогранной формой называют **кристаллами**[1]. Кристаллы льда и снега — звездочки снежинок, а также кристаллы прозрачного кварца — горного хрусталя — еще с незапамятных времен привлекали к себе внимание людей.

Кристаллы очень разнообразны и по величине и по форме. Одни из них — маленькие, узкие, острые, как иголки; другие — как столбы, достигают нескольких метров в длину; бывают кристаллы в виде лепестков тоньше листа бумаги и в виде пластов в метр толщиной.

Раньше кристаллы считали редкостью, «игрой природы» и люди совсем не знали их строения. Но когда были изобретены лупа и микроскоп, новый мир раскрылся перед людьми. Посмотрите в лупу на свежий излом гранита, мрамора, песчаника. Эти породы тоже состоят

[1] Название «кристалл» произошло от греческого слова «кристаллос» — лед, горный хрусталь.

Кристаллы снежинок.

из кристаллов, только очень мелких и тесно соприкасающихся друг с другом. В граните даже без лупы легко различить пластинки слюды, зёрна кварца и полевого шпата. Песчаник состоит из окатанных кристаллических зерен кварца, а мрамор — из кристалликов кальцита. В некоторых породах кристаллики так мелки, что их видно только в микроскоп. Почти все минералы имеют кристаллическое строение, и большинство горных пород состоит из кристаллов различных минералов.

Все металлы сложены из кристаллов. В этом можно убедиться, если посмотреть в лупу или в микроскоп на свежий излом металла.

Нередко кристаллики минерала или металла так мелки, что их не видно даже и в микроскоп; чтобы обнаружить их, привлекают на помощь рентгеновские лучи. Эти замечательные лучи, проникающие сквозь предметы, не проницаемые для обычного света, обнаружили много удивительного.

Оказалось, что из кристаллов состоят не только почти все минералы, но также многие другие тела, относительно которых никому и в голову не приходило, что они могут быть кристаллами. В глине, каучуке, саже, костях, волосах, волокнах шерсти, шелка, целлюлозы найдены мельчайшие, даже в микроскоп не различимые зерна кристаллического строения.

Мы живем в мире кристаллов. Наши дома и города построены из камня и металла, т. е. в основном из кристаллов. Самолеты, мосты, рельсы, паровозы, пароходы, станки, тракторы, автомобили, крыши зданий, инструменты, гвозди, ножи и многие другие вещи тоже сделаны из кристаллических металлов.

Мы каждый день едим кристаллы. Сахар, соль — это тоже кристаллы; их легко различить даже невооруженным глазом.

Столовую соль мы привыкли употреблять в виде мелкокристаллического порошка. В природе же она встречается и в виде крупных кристаллов, даже в виде громадных кристаллических глыб.

Однажды в пустыне Сахаре нашли развалины древнего города, в котором все постройки оказались сложенными... из глыб каменной соли! В этой местности ничего не было, кроме песка и соли. Из песка дом не построишь, вот и пришлось строить из кристаллов соли. У нас такой город растаял бы в первый же дождливый день. Но в Сахаре дождей почти не бывает, и поэтому соляной город простоял там несколько сот лет.

Некоторые живые организмы оказываются настоящими «фабриками» кристаллов: кораллы, например, образуют целые острова, сложенные из мельчайших кристаллов кальцита.

Нет такого места на Земле, где бы не было кристаллов. И не только на Земле! Из межпланетного пространства иногда прилетают к нам осколки небесных тел — метеориты. Оказалось, что их строение ничем не отличается от строения наших земных минералов и горных пород: они тоже состоят из кристаллов.

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

Что же такое кристаллы? Как отличить кристаллы от некристаллических твердых тел? Может быть, по многогранной форме? Но у кристаллических зерен в металле или в горной породе форма неправильная; а с другой стороны, стекло, например, тоже может быть многогранным — кто не видел граненых стеклянных бус? Однако мы говорим, что стекло — некристаллическое вещество. Почему?

Прежде всего потому, что кристаллы сами, без помощи человека, принимают свою многогранную форму, а стекло должно быть огранено рукой человека.

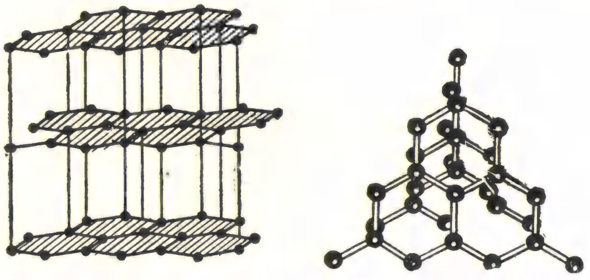
РАЗЛИЧНЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ

1 — берилл; 2 — горный хрусталь; 3 — амазонит; 4 — микроклин; 5 — топаз; 6 — альмандин; 7 — гроссуляр; 8 — флюорит; 9 — антимонит; 10 — пирит; 11 — золото; 12 — два кристалла эпидота.

РАЗЛИЧНЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ

1 — висмут (скелетный рост); 2 — гидроборацит; 3 — дендриты меди; 4 — кристаллы льда на стекле; 5 — гематит; 6 — турмалин; 7 — серебро; 8 — арагонит; 9 — аметисты.

Все вещества в мире построены из мельчайших, не видимых глазом, непрерывно движущихся частиц — из ионов, атомов, молекул.



Кристаллические решетки графита (слева) и алмаза (справа).

Основное же различие между кристаллами и стеклами заключается в их внутреннем строении, в том, как расположены в них мельчайшие частички вещества — молекулы, атомы и ионы. В газообразных телах, жидкостях и некристаллических твердых телах, например в стекле, мельчайшие частицы вещества расположены совершенно беспорядочно. А в твердых кристаллических телах частицы расположены как бы правильным строем. Они напоминают группу физкультурников в строю, с той, однако, разницей, что правильные ряды частиц тянутся не только вправо и влево, вперед и назад, но и вверх и вниз. Кроме того, частицы не стоят неподвижно, а непрерывно колеблются, удерживаясь на своих местах электрическими силами. Расстояния между частицами внутри кристаллов малы так же, как малы и сами атомы: на отрезке длиной в 1 *см* можно расположить примерно 100 млн. атомов. Это очень большое число: представьте себе, что 100 млн. человек выстроены в шеренгу плечом к плечу. Такая шеренга могла бы опоясать Землю по экватору.

Правильный строй частиц в каждом веществе различен, поэтому так многообразны формы кристаллов. Но у всех кристаллов атомы или молекулы обязательно расположены в строгом порядке, а у некристаллических тел такого порядка нет. Поэтому мы и говорим: кристаллы — это твердые тела, в которых составляющие их частицы расположены правильным строем.

Законы построения всех кристаллов теоретически вывели великий русский кристаллограф Евграф Степанович Федоров (1853—1919) и немецкий кристаллограф Артур Шёнфлис. Замечательно, что Федоров сделал это за 20 лет до того, как в 1912 г. на опыте с помощью рентгеновских лучей было доказано, что действительно атомы в кристаллах располагаются правильным строем и что законы их расположения именно таковы, как было гениально предугадано русским ученым.

Правильное периодическое расположение атомов (или других частиц) в кристалле называется **к р и с т а л л и ч е с к о й р е ш е т к о й.**

Каждый кристалл имеет свою характерную многогранную форму, которая зависит от строения его решетки. Например, кристаллы поваренной соли имеют обычно форму куба, другие вещества кристаллизуются в форме различных пирамид, призм, восьмигранников (октаэдров) и других многогранников.

Но в природе такие правильные формы кристаллов встречаются редко, об этом вы прочтете дальше.

Некристаллические вещества не имеют собственной формы, потому что составляющие их частицы расположены хаотично, беспорядочно, как говорилось ранее.

Правильное расположение частиц определяет и свойства кристалла. Не поразительно ли, например, что два столь различных минерала, как невзрачный черный графит и сверкающий прозрачный алмаз, построены из одних и тех же атомов углерода! Алмаз и графит — это кристаллы углерода. Если кристаллические решетки из атомов углерода построены по одному образцу, то они образуют прозрачные кристаллы алмаза, самого твердого из всех веществ на Земле и самого дорогого из драгоценных камней. Но если те же атомы углерода располагаются по-другому,

Кристалл алмаза, найденный в Якутии (увеличено в 22 раза).

то получаются мелкие, черные, непрозрачные кристаллы графита — одного из самых мягких минералов. Алмаз почти вдвое тяжелее графита. Графит проводит электричество, а алмаз не проводит. Кристаллы алмаза хрупки, кристаллы графита гибки. Алмаз легко сгорает в струе кислорода, а из графита даже делается огнеупорная посуда — настолько он противостоит огню. Два совершенно различных вещества, а построены из одних и тех же атомов, и разница между ними лишь в их различной структуре.

Мы уже сказали, что внутренним строением кристаллов определяются и удивительные свойства кристаллов. Например, решетка графита состоит как бы из слоев, причем расстояния между этими слоями гораздо больше, чем расстояния между отдельными атомами внутри каждого слоя.

Такие слои сравнительно легко сдвигаются, скользят один вдоль другого. Именно этим свойством графита мы пользуемся, когда пишем графитовым карандашом: слои кристаллов графита сдвигаются, и чешуйки графита пристают к бумаге. Только, конечно, каждая такая чешуйка представляет собой не один, а очень много слоев. Ведь расстояние между слоями атомов измеряется стомиллионными долями сантиметра, а приставшие к бумаге чешуйки графита видны простым глазом.

Строение алмаза совсем иное, чем у графита; здесь нет легко сдвигающихся слоев, и алмаз оказывается гораздо прочнее графита.

Каждый знает кристаллы слюды; если вы не видели отдельных кристаллов слюды, то уж наверное встречали блестки слюды в граните или хотя бы слюдяные пластинки в окошках керосинок. Слюду легко расщепить лезвием ножа или просто пальцами: листочки слюды отделяются друг от друга почти без труда. Но попробуйте разделить, разрезать или разбить слюду поперек плоскости пластинки — это очень трудно: слюда, непрочная вдоль плоскости листка, в поперечном направлении оказывается намного прочнее. Прочность кристаллов слюды в разных направлениях различна.

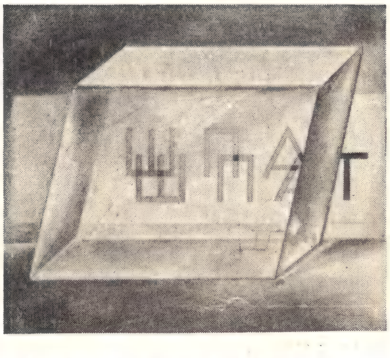
Это свойство опять-таки характерно для кристаллов. Мы знаем, что стекло, например, легко разбивается как угодно, во всех направлениях, на неправильные осколки. А вот кристалл каменной соли, как бы мелко ни разбивать его, всегда останется кубом, т. е. он все время легко раскалывается только по взаимно-перпендикулярным, совершенно плоским граням.

Кристалл раскалывается по тем направлениям, где прочность меньше всего. Не у каждого кристалла это выявляется так ясно, как у слюды или каменной соли — например, кварц не раскалывается по ровным плоскостям, — но у всех кристаллов прочность в разных направлениях различна. У каменной соли, например, в одном направлении прочность в восемь раз больше, чем в другом, а у кристаллов цинка — в десять раз. По этому признаку можно отличить кристаллы от некристаллов: в некристаллических телах прочность одинакова по всем направлениям, поэтому они никогда не раскалываются по ровным плоскостям.

Если нагревать какое-нибудь тело, то оно начнет расширяться. И тут легко увидеть разницу между веществами кристаллическими и некристаллическими: стекло будет расширяться по всем направлениям одинаково, а кристалл — по разным направлениям различно. Кристалл кварца, например, расширяется в продольном направлении вдвое больше, чем в поперечном. Твердость, теплопроводность, электрические и другие свойства кристаллов также различны по разным направлениям.

Особый интерес представляют оптические свойства кристаллов. Рассматриваемые сквозь кристаллы исландского шпата предметы кажутся удвоенными. В кристалле исландского шпата (и во многих других кристаллах) луч света раздваивается. И это свойство тоже различно по разным направлениям: если поворачивать кристалл, то буквы будут раздваиваться то больше, то меньше.

По своей форме кристаллы разных веществ сильно отличаются друг от друга. Для кристаллов каменной соли, как вы уже знаете, типична форма кубов, для берилла — призма с пирамидами, для алмаза — восьмигранники с треугольными гранями, так называемые окта́эдры. У каждого вещества есть своя характерная форма кристаллов.



Кристалл исландского шпата.

Формы кристаллических многогранников поражают взгляд своей строгой симметрией. Симметричными мы называем тела, которые состоят из одинаковых, соразмерных ча-

стей. Симметрична, например, бабочка: у нее одинаковы правая и левая части туловища; если бабочка сложит крылья, они совместятся.

В кристаллах симметричны ограничивающие их плоскости-грани, ребра и углы, составляющие вершины кристаллических многогранников.

Симметрия кристаллов — важное и характерное их свойство. По форме кристаллов и по их симметрии определяют кристаллическое вещество.

КРИСТАЛЛЫ РАСТУТ

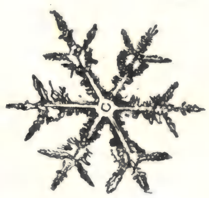
Как образуются кристаллы?

Когда испаряется («высыхает») соленая вода в кастрюле или сладкий чай в стакане, на стенках кастрюли или на дне стакана остается белый налет. В лупу можно разглядеть в нем мелкие блестящие кристаллики соли или сахара.

Если медленно испарять раствор квасцов или медного купороса, то через несколько дней из раствора вырастут довольно большие кристаллы.

Нетрудно сделать опыт выращивания кристаллов из расплава. Насыпьте в стеклянную колбу белого порошка водного гипосульфита натрия (фиксажа), который можно купить в магазине фотографических принадлежностей. Осторожно нагрейте колбу. Гипосульфит расплавится и превратится в жидкость. Заткните колбу ватой и быстро остудите ее под струей холодной воды. Если не трясти колбу, гипосульфит будет остывать, не кристаллизуясь. Когда он совсем остынет, бросьте в колбу крупинку твердого гипосульфита. Эта крупинка начнет быстро расти, от нее вытянутся иголки, лучи, лепестки; такие же иглы, пластинки, звезды, многогранники возникнут и в других местах колбы. Они будут быстро расти во все стороны, сталкиваться друг с другом, и через несколько минут вся жидкость затвердеет. Эти звездочки и многогранники —кристаллы гипосульфита, выросшие из расплава.

Кристаллы могут образоваться и из пара. В морозном воздухе пар, который выдыхает человек, оседает белыми хлопьями. Они представляют собой скопления мелких кристаллов снега или льда, образовавшихся и выросших на морозе из водяного пара. Иней — это тоже закристаллизовавшиеся пары воды. Облака, которые мы видим на небе, — это скопление водяных капель или кристалликов снега; а снежные кристаллики вырастают либо из этих капель, либо из водяных паров, содержащихся в атмосфере.



Узорная шестилучевая звездочка снежинки поражает своей симметрией.

Обледенение самолетов в арктических полетах — это тоже процесс роста кристаллов. В холодных верхних слоях атмосферы водяные пары могут долго сохраняться, не кристаллизуясь, но лишь только в эти пары врежется летящий самолет, как сейчас же начнется быстрый рост ледяных кристаллов, и в несколько минут самолет окажется облепленным грудой кристаллов льда.

Скорость роста кристалла по разным направлениям различна, так же как различны все другие свойства кристалла. В этом легко убедиться на опыте. Если обломать у кристалла все углы, обточить грани или выточить из кристалла шарик и поместить его в остывающий раствор или расплав того же вещества, кристалл начнет расти. Если бы скорость роста кристалла не зависела от направления, то шарик, вырастая, увеличивал бы свой объем, не изменяя формы. Он по-прежнему оставался бы шариком. Но опыт показывает, что это не так. На растущем кристаллическом шарике появляются крохотные плоские пятнышки—ровные площадки граней; в одних направлениях кристалл растет, в других он может растворяться. Постепенно увеличиваясь, расширяясь, грани встречаются друг с другом, и в конце концов весь шар превратится в многогранник; при этом разные грани растут с разной скоростью, почему и возникают различные формы кристаллов.

Таким образом, кристалл, лишенный своей многогранной формы, не теряет способности самоограняться. Многогранная форма кристалла зависит от того, что кристалл растет неравномерно, с различной скоростью по разным направлениям.

Итак, кристаллы растут. И замечательно, что они всегда растут в виде правильных симметричных многогранников, если только им ничто не мешает при росте. Как же растут кристаллы в природе?

В глубинах нашей планеты находится магма, т. е. сложный раствор-расплав множества различных веществ, дающий при остывании разные минералы с различным кристаллическим строением.

Кристалл кварца в Минералогическом музее Академии наук СССР.

Когда в глубинах земли магма постепенно застывает, химические вещества, составляющие ее, затвердевают не все сразу, а поочередно, потому что температура кристаллизации их различна. Поэтому магма распадается на разнородные, почти всегда состоящие из кристаллов минералы.

Мы говорили, что кристаллы всегда растут в виде правильных многогранников, если только им ничто не мешает при росте. Но ведь если много кристаллов растет вместе, то, увеличиваясь, они начинают сталкиваться, теснить друг друга. Если кристалл столкнулся с соседним кристаллом, дальше в эту сторону он уже расти не может, а в другие стороны он еще будет расти, пока ему опять не встретится помеха. В результате кристалл вырастает в одни стороны больше, чем в другие: получаются неправильные многогранники, бесформенные зерна. Вот почему в горных породах или в твердых металлах кристаллические «зерна» обычно имеют неправильные очертания. Отдельные кристаллики хорошо видны в микроскоп и даже простым глазом, но правильных многогранников среди них очень мало, а чаще и совсем нет.

Но почему же мы все-таки говорим, что характерным свойством кристаллов является их многогранная форма?

Потому, что если бы это же самое кристаллическое зерно росло не в тесноте, а так, чтобы ему ничто не мешало, то оно приняло бы форму правильного многогранника. Неправильная форма — это вынужденная форма кристалла. Кристаллу не удалось вырасти многогранным потому, что соседние кристаллы мешали ему расти свободно.

Кристаллы, растущие в больших пустотах и трещинах в земле, не теснят друг друга: именно там образуются великолепные громадные многогранники горного хрусталя, берилла, полевых шпатов и других минералов. В таких «хрустальных погребах» Северного Урала найдены, например, кристаллы горного хрусталя идеально правильной формы весом до 500 *кГ*. А летом 1945 г. на Волыни был найден кристалл

Почему же из однородной магмы получаются разные минералы? Каждое химическое вещество затвердевает или плавится при определенной температуре. Например, если вы будете нагревать кристалл льда, то до 0° кристалл остается неизменным. Но как только температура достигает 0°, кристалл вдруг начнет плавиться, причем, сколько бы мы ни грели дальше, температура льда не будет повышаться, пока весь кристалл не расплавится. Лишь когда весь кристалл превратится в воду, температура воды начнет повышаться. Если же мы будем охлаждать воду, то точно при 0° жидкость закристаллизуется, и ее температура будет неизменной, пока вся вода не превратится в лед, после чего температура снова начнет падать.

Также и любое кристаллическое вещество плавится и кристаллизуется при строго определенной температуре, характерной для него, например для кварца 1713° и т. д.

У некристаллических тел нет постоянной температуры плавления (а следовательно, и температуры кристаллизации), при нагревании они размягчаются постепенно. В стекле уже и до нагревания все атомы расположены беспорядочно. При охлаждении расплавленное стекло становится все более вязким и застывает постепенно.

Кристаллическое же вещество затвердевает сразу при определенной температуре кристаллизации.

кварца весом около 10 *Т*. Его длина 2,7 *м*, ширина 1,5 *м*.

В музее Горного института в Ленинграде хранится кристалл горного хрусталя высотой почти в метр; он долгое время служил тумбой у ворот одного из домов г. Свердловска. На Алтае был найден кристалл берилла длиной в 1,3 *м*.

Озера и моря — это природные лаборатории, в которых происходит рост кристаллов из растворов. Южный Урал, Донбасс, Западная Сибирь, Закавказье, Средняя Азия изобилуют соляными озерами, в воде которых растворено множество солей. Летом, когда под лучами палящего солнца вода озер быстро испаряется, из раствора начинают выделяться кристаллы соли, совсем так же, как оседает соляная накипь на дне и стенках кастрюли.

Эти кристаллы плавают на поверхности озера, отлагаются на берегах, оседают на дне. Так путем кристаллизации из раствора возникают месторождения солей.

ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ

В лабораториях кристаллы выращивают из растворов, из расплавов, из паров и из твердых веществ. Для этого есть много остроумных способов, сложных приборов и установок. Рост больших очень однородных и чистых кристаллов длится иногда месяцами.

Искусственные кристаллы ничем не отличаются по своим свойствам от естественных кристаллов. В специально оборудованных лабораториях — настоящих фабриках кристаллов — выращивают, например, большие совершенно чистые кристаллы виннокислого калия-натрия (сегнетовой соли), дигидрофосфата аммония и других веществ, кристаллы которых имеют широкое применение в радиотехнике. Целые цехи заводов заняты выращиванием искусственных кристаллов каменной соли, хлористого калия, фтористого лития и других веществ, применяющихся в оптической промышленности. В электрических печах из расплавов выращивают большие кристаллы металлов — свинца, олова, никеля, сурьмы, меди, висмута, цинка и т. п.

Всем известны вишнево-красные рубины и васильково-синие сапфиры, самые дорогие из драгоценных камней после алмаза и изумруда. Хотя по виду они совсем различны, но это один и тот же минерал — к о р у н д. Химический состав рубина и сапфира и их физические свойства одинаковы, различие только в цвете, который зависит от ничтожных химических примесей. Корунд — это один из самых твердых минералов: по твердости он уступает только алмазу. Поэтому его ценят не только как камень для украшений, но главным образом как материал для тех частей точных приборов, которые не должны быстро стираться, стачиваться.

Граненые красные камешки можно, например, увидеть в механизме наших советских часов «Звезда» и «Победа». Это — искусственные кристаллы рубина, выращенные на советских заводах. Но не только в лабораториях выращиваются кристаллы. Ведь все металлы — кристаллы. Значит, везде на заводах, где идет плавка и литье металла, происходит рост кристаллов. Застывание расплавленного металла — это рост твердых кристаллов металла. Но как пойдет процесс роста? Откуда начнут расти кристаллы — со дна, со стенок или из центра? Какими вырастут кристаллы — крупными или мелкими? От этого зависят свойства металла, а поэтому все эти процессы тщательно изучаются.

Процесс застывания металла, особенно сплава нескольких металлов, не менее сложен, чем процесс кристаллизации магмы. При остывании сплава, так же как и при кристаллизации магмы, происходит разделение вещества, выпадают сначала те кристаллы, у которых выше температура плавления. Если дать металлу остывать медленно, поочередно выпадают все кристаллы. Если резко охладить нагретый металл

Кристалл квасцов, выращенный пионерами.

(например, бросить еще не остывший слиток в ледяную воду), рост кристаллов затормозится, структура металла будет уже иной. Этот способ кристаллизации — так называемая закалка металла — широко применяется в технике, потому что закаленный металл гораздо тверже, чем незакаленный.

Зная законы кристаллизации и свойства кристаллов, мы управляем литьем и обработкой металла.

ЧТО ТАКОЕ МИНЕРАЛ

Во многих местах нашей страны на полях встречаются валуны. Расколите валун и внимательно посмотрите на излом. Вы увидите, что камень состоит из множества кристалликов различных минералов[1].

Теперь возьмите ложки две земли, размешайте в стакане воды. Муть слейте, а осадок рассмотрите в лупу. Вы увидите скопление блестящих кристалликов. Это минерал кварц.

Минералы изучает особая наука — минералогия. Она существует уже много веков и приносит огромную пользу человечеству, так как тесно связана с горным делом, с поисками и использованием ископаемых. Минералогия занимается всесторонним изучением минералов: условиями образования, процессами изменения, исследованиями химического состава, физических свойств, а также возможностями практического применения и использования минералов в хозяйстве.

Разумеется, в местностях, где обнажаются скалы и каменистые склоны, минералы заметить нетрудно. Но и отмель, и песчаный обрыв также образованы минералами, но только очень мелкими кристалликами их, песчинками.

Из минералов состоят все горные породы, все полезные ископаемые. А если вспомнить, что земная кора целиком сложена горными породами, то огромное значение минералов в природе станет еще более очевидным.

Аллегорическое изображение древа металлов, растущего из центра Земли. Его корни и ветви — рудные жилы.

Большинство минералов представляет собой твердые тела. Однако в природе встречаются минералы и в жидком (например, вода, самородная ртуть) и в газообразном состояниях (например, углекислый и сернистый газы, которые выделяются во время извержения вулканов; метан, газы, образующиеся при радиоактивных процессах, как например гелий, и др.).

Минералом называется природное химическое соединение, однородное в химическом и физическом отношениях, являющееся составной частью земной коры.

Материалом для минералов служат химические элементы, и каждый минерал представляет собой определенное химическое соединение.

У каждого минерала своя химическая формула, что указывает на постоянство его химического состава. Однако в природе химические реакции происходят далеко не так, как в лабораториях, где химики имеют дело с чистыми реактивами[1] и вымытой посудой. В природных «реактивах» всегда присутствуют посторонние вещества, а потому и минералы всегда содержат различные примеси, в том числе и включения иных минералов. Часто эти примеси довольно закономерны. Это особенно важно потому, что некоторые из них очень ценны. Так, например, минерал галенит (важнейшая

[1] Термин «минерал» происходит от латинского слова «минера» — руда. «Минералис» — происходящий из рудников.

[1] Реактивы — вещества, применяемые в химических реакциях.

свинцовая руда) обычно содержит примесь серебра, которое из него и добывается. Химическая же формула галенита (PbS) показывает характерный и постоянный состав этого минерала; серебро в эту формулу не входит, так как присутствует оно не всегда.

Состав некоторых минералов очень изменчив. Сюда относятся минералы весьма своеобразного вида, напоминающие то засохший клей, то черную замазку. Таковы, например, некоторые руды железа (лимонит), марганца, меди. Эти вещества не кристаллизовались, а как бы высыхали, захватывая при этом самые разнообразные примеси. К таким минералам относится и наш обычный кремень.

Минералы — сложные постройки. Если особым образом просветить рентгеновскими лучами минерал, например кристалл галита (каменная соль), и сфотографировать прошедший через кристалл луч, мы увидим замечательную картину. Оказывается, что минерал представляет собой решетку, в которой атомы одних элементов занимают строго определенное положение относительно других. Каждый минерал, каждый кристалл имеет свою собственную, характерную для него кристаллическую решетку.

Каждый минерал имеет и определенные физические свойства: удельный вес, твердость, цвет, блеск и т. д.

Характер строения решетки обусловливает все важнейшие свойства минерала. Посмотрев на решетку, можно сразу же понять, какой из минералов обладает спайностью, а в каком ее нет. Твердость, блеск, спайность, гибкость, ковкость и т. д. — все эти свойства зависят от внутреннего строения минерала, т. е. его решетки. Распилим, например, поперек прозрачный кристалл турмалина и посмотрим сквозь него на лампу (вдоль кристалла), сложив половинки. Сквозь кристалл мы увидим свет. Если же начать вращать одну из половинок кристалла, то свет будет как бы затухать и наконец лампа скроется. Это замечательное свойство турмалина зависит от строения его кристаллической решетки.

Сколько же различных видов минералов известно на Земле? Посмотрите в музее витрины с минералами. Как они разнообразны по форме, окраске, блеску! А сколько интересных минералов могут увидеть наши молодые читатели в Минералогическом музее Академии наук СССР в Москве! Здесь минералы собирают со времен Петра I. Рассматривая эти витрины, убеждаешься, что правильно называют минералы «цветами земли», настолько они ярки, интересны, красивы, а главное — разнообразны! Однако все же минералов не так много, как можно было бы ожидать.

Из химических элементов химики в лабораториях получили свыше 2 млн. соединений различного состава (краски, лекарства, химические реактивы и т. п.), из которых каждое обладает особым, только для него характерным свойством. Особенно много получено органических соединений — так называют соединения с углеродом.

Природных химических соединений, т. е. минералов, известно всего лишь около 1700 видов. Почему? Во-первых, потому, что лишь немногие химические соединения в природе отличаются прочностью и устойчивостью, а во-вторых, многие химические элементы чрезвычайно редки и всегда встречаются в ничтожно малом количестве, вследствие чего и не образуют минералов. Такие элементы встречаются в виде примесей к другим минералам (см. стр. 112).

Минералы играют очень важную роль в нашей жизни, а потому их тщательно изучают. Ежегодно около десятка минералов исключают из минералогических списков. Одни из них оказываются смесью минералов, а не однородными телами; другие были уже известны в других странах, но посторонние примеси придали им иной цвет, иной облик. В то же время ежегодно на рудниках, в горах, в отложениях морей, озер и т. п. открывают примерно столько же новых минералов. Поэтому-то и нельзя точно установить истинное число минералов на сегодняшний день.

Как же распределяются все минералы в природе?

Минералы, чрезвычайно широко распространенные, называются породообразующими. С начала нынешнего столетия во всех странах систематически ведутся работы, имеющие целью определить, из каких пород в основном состоит земная кора, какие породообразующие минералы слагают ее, какие химические элементы играют важнейшую роль.

Многочисленные подсчеты минералов и горных пород дали следующие результаты, характеризующие состав земной коры:

Изверженные (магматические) породы составляют 95% от всех горных пород.

Сланцы (метаморфические) — 4%.

Песчаники (осадочные)—0,75%.

Известняки (биогенные — созданные организмами) —0,25%.

Девять химических элементов составляют по весу 97% земной коры. Это следующие элементы: кислород — 44,6%, кремний — 27,7%, алюминий — 8,1%, железо — 5,0%, кальций — 3,6 %, натрий — 2,8%, калий — 2,6%, магний — 2,1% и титан — 0,4%. Из этих же девяти химических элементов состоят 12—15 наиболее широко распространенных породообразующих минералов: полевые шпаты (несколько видов), слюды (3—4 вида), роговые обманки (4—5 видов), кварц и еще с десяток других минералов. Примерно еще 100—110 минералов встречаются более или менее часто, образуя важнейшие полезные ископаемые и сопровождающие их породы, все же остальные минералы являются редкими (см. стр. 112).

В древних погребениях кельтов во Франции были найдены каменные орудия из минерала, похожего на нефрит, и украшения из минералов, похожих на бирюзу. Месторождения этих минералов до сих пор не удалось обнаружить.

Где же и как образуются минералы?

Минералы образуются повсюду: глубоко в недрах земли, в пустынях, в болотах и в озерах.

Преобладающее количество минералов образуется из магмы (см. стр. 89). Однако среди минералов, слагающих эти магматические породы, безнадежно искать красивые образцы, нарядные кристаллы. Когда образовывались магматические породы, отдельные минералы, кристаллизуясь, мешали друг другу расти. Вот они и получились как бы «сжатыми», неполногранными. Замечательные образцы минералов возникают в пегматитовых (см. стр. 96) и гидротермальных жилах, образовавшихся из горячих водных растворов. Здесь вырастают великолепные кристаллы в полостях (пустотах) жил, где ничто не мешает их свободному росту. Прекрасные кристаллы пирита и марказита встречаются в ископаемых углях, иногда глинах.

Надо всегда внимательно осматривать ту местность, где вы находитесь, чтобы не пропустить ценный минерал.

Минералы (в коллекциях и при описании в книгах) располагаются в определенном порядке: по химическому составу и строению решетки. Ниже приводится классификация минералов по химическому составу (упомянуты лишь наиболее важные минералы):

1) самородные минералы: золото, платина, серебро, графит, алмаз;

2) сернистые соединения, или сульфиды: галенит, пирит, халькопирит, сфалерит, киноварь;

3) окислы (соединения с кислородом): лед, кварц, гематит, магнетит;

4) водные окислы: бурый железняк, или лимонит, и др.;

5) силикаты (т. е. соединения кремния, или силиция): слюды, полевые шпаты, роговые обманки; сюда относятся почти все породообразующие минералы;

6) фосфаты (соли фосфорной кислоты): фосфорит, апатит, бирюза;

7) вольфраматы (соли вольфрамовой кислоты): вольфрамит, шеелит;

8) сульфаты (соли серной кислоты): мирабилит, гипс, барит;

9) карбонаты (соли угольной кислоты): кальцит, сидерит, доломит;

10) галоидные соединения (соли фтористоводородной и соляной кислот): флюорит, каменная соль, сильвин;

11) органические соединения: янтарь, различные ископаемые смолы, встречающиеся в каменных углях, и др.

По данным археологии, первобытный человек в каменном веке уже пользовался в своем обиходе примерно 20 минералами и 10 горными породами.

Теперь промышленность СССР использует около 400 минералов. Ведь даже для издания этой книги понадобилось не менее 20 различных минералов: из антимонита, галенита, сфалерита, халькопирита были отлиты буквы и изготовлены клише для рисунков; из хромита, гематита, лимонита, висмутина приготовлены краски цветных рисунков; при производстве бумаги были использованы мирабилит, барит, мел, тальк и т. д. Прибавьте к этому еще минералы, необходимые для изготовления печатных машин: руды железа (три-четыре вида), меди, кобальта, никеля, хрома, алюминия, а также другие, — и вы получите некоторое представление о значении минералов в жизни человека.

Минералог прежде всего должен изучить свойства минералов. Есть много химических элементов, которые имеют важное значение для промышленности и сельского хозяйства, но некоторые из них встречаются очень редко и никогда не образуют мало-мальски крупных скоплений. Таковы, например, металл кадмий, придающий меди высокую прочность, металл таллий, соединения которого убивают вредителей сельскохозяйственных культур. Самостоятельных минералов они не образуют, а встречаются в виде примеси в цин-

ковой обманке, причем по внешнему виду судить об этих примесях невозможно.

Во многих случаях по присутствию какого-нибудь, часто малозначительного, минерала можно сделать заключение о наличии ранее не замеченных ценных руд.

Важную помощь может оказать минералог и геологам-разведчикам, подробно изучающим месторождение для разработки, и горным инженерам, которые разрабатывают месторождение, извлекая из него ценные минералы. Внимательно изучая месторождение, минералог сделает точные зарисовки, в которых отметит, как располагаются отдельные минералы и их скопления (руды), которые и надо извлекать.

Знание условий образования месторождения для различных минералов имеет громадное практическое значение. Рассматривая геологическую карту какой-либо местности, мы можем предвидеть, какие минералы, какие полезные ископаемые можно здесь искать.

Для ряда полезных ископаемых — полиметаллов, золота, угля, нефти — составляют карты прогноза (предвидения). На каждой из них указываются площади или участки, на каких следует искать нужное полезное ископаемое, на каких эти полезные ископаемые должны отсутствовать и производить их поиски не следует. Карты прогнозов все более и более входят в практику поисков и разведок и приносят чрезвычайно большую пользу.

Многие руды и минералы содержат различные примеси. Прежде чем рекомендовать их для промышленного использования, минералог должен детально изучить все их технологические свойства. Другими словами, он должен указать, насколько данный минерал отвечает своему назначению, какие способы его обработки можно рекомендовать и т. д. Кроме того, минералог должен указать возможность использования в промышленности отходов добычи.

При добыче любого полезного ископаемого всегда извлекается из недр большее или меньшее количество пустой породы, т. е. породы, сопутствующей полезному ископаемому. Такие породы идут в отвалы, что убыточно для государства: ведь для добычи их затрачиваются рабочая сила, материалы, электроэнергия. Поэтому минералоги тщательно изучают все минералы, находящиеся в этих породах, и стараются их использовать.

Если практически важный минерал редок или встречается в виде мелких, плохих образцов, тогда его стараются изготовить искусственно. Например, для получения алюминия нужен редчайший минерал криолит, один раз найденный в Ильменском заповеднике в ничтожном количестве. Теперь же этот минерал научились изготовлять на заводах в большом количестве: тысячи тонн. Минералогические лаборатории, специальные институты и заводы изготовляют искусственные прозрачные и бесцветные минералы: кварц, кальцит, флюорит (из которых делают линзы и призмы для оптических приборов), рубин (применяемый и в механизмах карманных часов и как драгоценный камень) и т. д. Многие тысячи тонн искусственного графита получают в электрических печах. Наша промышленность выпускает свыше сотни различных искусственных минералов, а специальные лаборатории непрерывно продолжают работать над получением новых минералов.

КАК ИЗ МАГМЫ РОЖДАЮТСЯ МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Наконец-то кончилась зима. На нашей реке уже прошел лед. Хотя кое-где еще и лежит снег, но воздух совсем весенний, теплый. На дорогах сухо, и можно отправиться за город. Вот мы на берегу реки. Глубокие овраги прорезали породы, слагающие высокий берег реки. Здесь можно собрать неплохую коллекцию минералов и горных пород.

Рассмотрите окатанные разноцветные камешки — гальку: их отшлифовала вода. А вот большой валун — булыжник. Их тут много! Поверхность валуна не такая гладкая, как гальки, она бывает иногда покрыта царапинами. Валуны, как вы знаете, были принесены ледниками, которые когда-то, в далекие времена, покрывали огромные пространства нашей страны.

При движении ледники разрушали все, что приходило с ними в соприкосновение. Они срезали и выравнивали выступы скал, обломки

пород, отрываясь от горных хребтов, попадали на лед, вмерзали в его толщу и ползли вместе с ним. От многовекового движения льда одни камни измельчались, другие постепенно сглаживались и окатывались: образовались валуны самой разнообразной формы и размеров. После стаивания льда валуны вместе с рыхлой песчанисто-глинистой неслоистой массой отложились в виде породы, которая называется мореной.

Посмотрите на раскол камня. Это крупнозернистый гранит, который очень хорошо полируется и приобретает при этом приятную глянцевую поверхность.

Гранит по происхождению — порода магматическая; он образовался в глубоких недрах Земли из огненно-жидких расплавленных масс — магмы. Магма находится в земной коре на очень большой глубине; там она образует громадные бассейны или очаги. По мнению многих геологов, магма в области материков должна находиться на значительно большей глубине, чем под океаном. На поверхность она изливается в виде потоков лавы из жерл вулканов, располагающихся обычно вдоль разломов земной коры, а иногда и непосредственно из трещин. В минувшие геологические эпохи трещинные излияния лавы были очень широко распространены, и следы грандиозных излияний лавы встречаются в разных местах земного шара. В настоящее время такие излияния происходят на о-ве Исландия.

По составу магма — сложный раствор многих химических элементов, их окислов и соединений.

Из всех веществ, находящихся в магме, особую роль играют кремнекислые соединения — силикаты, и поэтому магму часто называют сложным силикатовым расплавом. Главные составные части такого расплава — двуокись кремния, или кремнезем (SiO_2), окись алюминия, или глинозем (Al_2O_3), окись (Fe_2O_3) и закись (FeO) железа, окись магния (MgO), окись кальция (CaO), окиси натрия (Na_2O) и калия (K_2O). Остальных элементов в магме гораздо меньше.

Кроме того, в магме много газообразных и летучих веществ, принимающих существенное участие в процессах образования минералов, а следовательно, и горных пород. В наибольшем количестве в магме содержатся следующие летучие вещества: пары воды, угольный ангидрид — двуокись углерода (CO_2), окись углерода (CO), углеводороды, некоторые сернистые соединения и др.

Минералы, образующиеся из магмы при ее остывании, представляют собой химические соединения тех элементов, которые содержатся в ней.

Валуны принесены ледниками, которые когда-то, в далекие времена, покрывали огромные пространства Земли.

ГЛУБИННЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Окатанный гранитный валун, который мы нашли в овраге, был принесен к нам ледниками из далеких северных районов — из Финляндии или Карелии,— где гранитные породы очень широко распространены.

Посмотрим, из каких минералов состоит гранит нашего валуна. В нем легко различить три минерала: кварц, полевой шпат и слюду. Кварц обычно имеет вид сероватых зернышек со стеклянным, чаще жирным блеском. Полевой шпат (ортоклаз) легко узнается по гладким поверхностям излома; чаще всего он окрашен в красноватые или желтые цвета. Слюда хорошо отличается от других минера-

лов по сильному блеску своих светлых или черных листочков.

Все эти три минерала находятся в граните в виде небольших кристаллических зернышек, плотно прилегающих друг к другу. Вы ясно видите, что порода от этого приобретает отчетливо зернистое строение. Само название «гранит» произошло от латинского слова «гранум», что значит «зерно». Если кусочек гранита расколоть на мелкие части, то можно отделить друг от друга все три составляющие его минерала, но сделать это нелегко, так как один минерал нередко прорастает другими.

Небольшие гранитные валуны на обширном пространстве нашей страны попадаются очень часто; но иногда можно найти и очень крупные. Из крупных валунов в былые времена вытесывали монолиты для памятников. В Ленинграде пьедестал памятника Петру I целиком высечен из одного огромного валуна.

Главное сосредоточение гранитов — в недрах земной коры, где они занимают обширные пространства. Граниты — наиболее распространенные из всех магматических пород на Земле.

Огромные площади, занятые гранитами, выходящими на поверхность Земли, известны на Кольском п-ве, на Украине, на Урале, на Северном Кавказе, в Казахстане, в Забайкалье, на Саянах, Алтае, Тянь-Шане и в других местах. В разных местностях граниты могут быть различного вида и цвета — серые, желтоватые, розовые и красные. Происходит это оттого, что полевые шпаты и слюды, входящие в состав этой породы, не всегда одинаковы по химическому составу и по цвету.

Разновидностей гранита довольно много. Кроме кварца, полевого шпата и слюды, в состав разных видов гранита нередко входят в небольшом количестве и некоторые второстепенные минералы, например роговая обманка, апатит и др.

В массивах гранитных пород нередко образуются различные пустоты и трещины, которые в дальнейшем могут превратиться в месторождения ценных полезных ископаемых. Это может произойти, если пустоты или трещины заполнятся какими-либо минеральными веществами, проникшими вместе с расплавленными массами или горячими водными растворами.

В результате этих процессов в недрах гранитных пород могут возникнуть гнезда и жилы с различными минералами — рудными и неметаллическими.

Пьедестал памятника Петру I целиком высечен из одного огромного валуна.

На обширном пространстве нашей страны известно множество богатейших жильных месторождений цветных и редких металлов, а также различных самоцветов и драгоценных камней, связанных с гранитами.

Близко к гранитам стоят породы, называемые **сиенитами** и **диоритами**. Они похожи на граниты, обладают таким же кристаллическим зернистым строением. Сиениты окрашены в светлые цвета — сероватые, розовые и даже белые, а диориты значительно темнее. Однако эти породы почти не заключают в себе кварца — минерала, столь характерного для гранитов. Сиениты и диориты в основном состоят из полевых шпатов и большего или меньшего количества темных минералов — темной слюды или роговой обманки. Встречаются эти породы значительно реже гранитов. Так же как и в гранитах, в них нередко попадаются различные полезные ископаемые.

Особый интерес представляют так называемые нефелиновые сиениты. Они состоят из белого полевого шпата (альбита), минерала нефелина и незначительного количества темных минералов. У этих красивых пород много разновидностей. Нефелиновые сиениты — хороший строительный материал, как и большинство других магматических пород. Кроме того, в различных отраслях народного хозяйства широко используется входящий в их состав минерал нефелин. Он применяется в фарфоро-фаянсовой, алюминиевой и химической промышленности. В последнее время нефелин стали широко применять и в сельском хозяйстве как удобрение, так как в нем содержится некоторое количество калия.

У нас за Полярным кругом, на Кольском п-ве, целые горы состоят из нефелиновых пород, в которых в большом количестве находится еще минерал апатит — ценное фосфорное удобрение. Распространены эти породы и на Урале, особенно Южном. На Украине, в окрестностях города Жданова, большие пространства также заняты нефелиновыми сиенитами. Встречаются они и в других местах.

Кроме гранитов, сиенитов и диоритов, известно множество и других магматических пород. Очень интересны породы, состоящие из различных темных минералов: темных полевых шпатов (как, например, лабрадор), авгита, роговых обманок. Породы эти отличаются темной окраской, некоторые из них почти черные, как уголь. Они совсем лишены кварца, но нередко

Апатито-нефелиновая порода: апатит—светлый, нефелин — темный.

в них присутствуют минералы, содержащие такие металлы, как железо, титан, хром и др. Этим они резко отличаются от пород гранитных и сиенитовых. В них встречается также самородная платина.

К наиболее распространенным темным породам принадлежат породы, называемые г а б б р о. Они обладают крупнозернистым сложением; у минералов, составляющих эти породы, кристаллическая структура. Массивы габбровых пород в большом количестве сосредоточены на восточном склоне Урала, преимущественно на Северном и Среднем, а также на Украине и частично на Кольском п-ве.

Близко к габбро стоят менее распространенные породы — д у н и т ы. У нас на Северном и Среднем Урале с этими породами связаны крупные месторождения платины и хромистого железняка.

Все породы, о которых мы говорили, относятся к глубинным магматическим породам, т. е. образовавшимся из расплавленных масс в глубинных частях земной коры. Если эти породы мы и встречаем на поверхности Земли, то лишь потому, что при процессах горообразования, а также вследствие разрушения вышележащих толщ Земли они оказались на поверхности. Глубинные породы широко распространены, особенно в горных местностях; они весьма разнообразны; мы остановились только на наиболее распространенных и общеизвестных.

Главный признак всех глубинных пород — их зернистость, которая резко бросается в глаза. Зерна минералов, составляющих породу, хорошо окристаллизованы. В этих породах нет ни одного минерала, не имеющего кристаллического строения.

ИЗЛИВШИЕСЯ МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Далеко не все магматические породы состоят из хорошо окристаллизованных зерен составляющих их минералов.

Существуют магматические породы, принадлежащие к группе излившихся, или вулканических, пород. Они обычно распространены в вулканических областях. В отличие от глубинных эти породы затвердели в поверхностных частях и даже на самой поверхности Земли.

Во время вулканических извержений расплавленные массы по зияющим трещинам или

Базальтовый массив («Мостовая гигантов») образовался из потока базальтовой лавы, закристаллизовавшейся отдельными столбами (Ирландия).

каналам из недр Земли приближаются к ее поверхностным областям. Изливаясь наружу из жерл вулканов, раскаленные огненно-жидкие массы остывают и превращаются в многообразные породы, отличающиеся от пород глубинных как строением, так и внешним видом.

Излившиеся породы характеризуются мелкозернистостью; такое строение их объясняется относительно быстрым застыванием тех расплавленных масс, из которых они образовались. Излившиеся породы состоят из мельчайших кристаллических минералов, которые часто даже не различимы простым глазом: порода кажется совершенно сплошной и однородной, и только в тонких шлифах — специально приготовленных пластинках — под микроскопом можно разглядеть ее строение. У некоторых из этих пород даже стекловидная структура — минеральные частицы, входящие в состав таких пород, совсем не окристаллизованы и имеют вид стекла.

Кроме областей, где проявляется вулканическая деятельность, излившиеся породы можно встретить и там, где она уже закончилась. В некоторых из таких местностей излившиеся породы широко распространены и занимают большие пространства.

Самая распространенная излившаяся порода — это темный, почти черный, мелкозернистый б а з а л ь т.

Древние излияния базальтов, застывших в виде мощных покровов и потоков, встречаются во многих местностях. По химическому составу базальты близки к породам из группы габбро.

Нередко отдельные массивы базальтов отличаются своеобразным строением. Базальтовый массив бывает разбит на столбы, имеющие шести- или пятиугольное сечение.

Одно из старинных и достопримечательных мест на земном шаре, где находятся выходы столбчатой формы базальта,— так называемая Фингалова пещера. Она находится на о-ве Стаффа в Атлантическом океане к западу от Шотландии. Пещера издавна пользуется известностью благодаря своим замечательным колоннадам, сложенным из мощных столбов базальта. В средние века никому и в голову не приходило, что эти столбы образованы самой природой. В шотландской легенде говорится, что пещера была выстроена когда-то велика-

Столбы базальта в Фингаловой пещере на острове Стаффа.

нами для своего вождя Фингала. Здесь якобы скрывался он со своими войсками, и никто из врагов не смел проникнуть в его убежище. По имени этого фантастического героя пещера и получила свое название.

В действительности Фингалова пещера — сооружение древнего исчезнувшего вулкана, из жерла которого когда-то вылились огромные потоки базальтовой лавы. Застывая, базальты распались на шестигранные призмы, которые впоследствии благодаря процессам выветривания превратились в гигантские столбы современного острова Стаффа. Морские волны выбили в них глубокий грот.

Базальты имеются также в Гренландии; особенно мощными покровами они выступают на юго-западном берегу в районе о-ва Диско. Здесь в базальтах встречаются крупные включения самородного никелистого железа.

На обширном пространстве СССР живописные выходы столбчатого базальта выступают у побережья северного Тимана, мощные покровы базальта находятся в Сибири, в районе между рр. Леной и Енисеем, в районе Забайкалья, на острове Сахалине, на Алтае; в Закавказье базальт встречается в Армении около оз. Севан и на склонах потухшего вулкана Арагац. Базальт известен также в Ждановском районе на Украине. Интересный столбчатый базальт можно встретить в окрестностях г. Ровно на Волыни. Он добывается здесь для литья. Базальт сравнительно легко плавится, и из него отливают балки для построек, художественные изделия и т. п.

Базальт — порода очень крепкая. Это превосходный строительный материал. Базальт используют также для мощения улиц («брусчатка») и в качестве сырья для изготовления кислотоупорных изделий.

Среди излившихся пород широко распространены еще андезиты, трахиты и липариты. Эти породы весьма разнообразны и встречаются главным образом в областях недавней или современной вулканической деятельности.

Андезиты, трахиты и липариты — породы светлые. Липариты, например, в свежем состоянии совсем белые; отдельные кристаллики в них представляют собой преимущественно светлые полевые шпаты. Темные минералы в этих породах играют незначительную роль. К этим породам очень близки кварцевые порфиры; это древние плотные породы темно-красного и бурого цвета с рассеянными в них кристалликами кварца и полевого шпата.

К излившимся породам относятся еще так называемые вулканические стекла; действительно, эти породы очень похожи на стекло. Типичное вулканическое стекло — обсидиан. Обсидиан всегда легко узнать: он обладает прекрасно выраженным раковистым изломом и часто имеет бархатно-черный цвет, переходящий иногда в серый и даже красновато-бурый, иногда с шелковистым отливом.

Обсидиан нередко образует так называемую глыбовидную лаву на поверхности застывших лавовых потоков. Очень часто он сопровождается легкой шлаковидной пористой породой, называемой пемзой. Последняя встречается в виде обломков, выброшенных во время извержения как древними, так и современными вулканами.

Известны большие скопления пемзы в Закавказье около оз. Севан, близ Арарата и в других местах.

Очень часто среди вулканических пород можно встретить рыхлые продукты извержения: пепел, вулканический песок, лапилли, иногда «бомбы». Эти породы могли образоваться при извержении вследствие взрывов паров или каких-либо других газов. В слежавшемся состоянии они нередко образуют вулканические туфы.

В народном хозяйстве излившиеся породы применяются так же широко, как и глубинные. Многие из них идут для строительства зданий, а также для мощения дорог; обсидиан употребляется для изготовления бутылочного темного стекла, а из плавленного базальта отливают балки для построек.

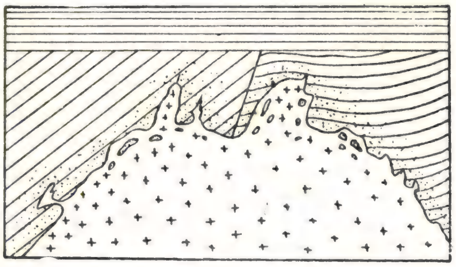
Гора Аю-Даг в Крыму представляет собой выход лакколита на земную поверхность.

КАК И ГДЕ ЗАЛЕГАЮТ МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Разнообразные магматические породы, образовавшиеся из расплавленных масс, отличаются друг от друга не только своим минералогическим составом или внешним видом, но часто и теми формами, в которых они залегают среди других пород земной коры. Из многих форм магматических пород наиболее распространены батолиты, лакколиты, покровы, потоки и жилы.

Батолиты — скопления в земной коре глубинных магматических пород неправильных очертаний и весьма крупных размеров. Батолиты залегают глубоко в земной коре: основание их уходит в неизведанные глубины. Обнажаются батолиты на поверхности земли лишь после разрушения и сноса покрывавших их пластов земной коры. Те массивы гранитных пород, что мы встречаем на поверхности земли,— в большинстве своем обнажившиеся батолиты.

Лакколиты — тела, подобные батолитам, но значительно меньших размеров, имеющие по большей части плоско-выпуклую грибообразную форму и ясно выраженный, заполненный магмой канал, связывающий их с более глубокими подземными очагами. Образовались они на менее значительной глубине из расплавленных масс, после того как эти массы внедрились в пласты древних осадочных пород. Выходы лакколитов на земную поверхность в виде небольших гор известны, например, в Крыму — гора Аю-Даг и на Кавказе в районе Пятигорска—горы Бештау, Железная, Машук, Кинжал и Верблюд. Эти лакколиты частично уже обнажились благодаря разрушению и сносу лежавших над ними осадочных пород; гора Машук еще одета покровом осадочных пород.



Батолит.

Лакколит.

Покровы образуются при излиянии из трещин земной коры большого количества расплавленных масс. Формы эти распространены на поверхности Земли и характерны главным образом для более легкоплавких базальтовых пород. Бывали случаи, когда такая базальтовая магма разливалась на огромные пространства, оставляя покровы грандиозных размеров. У нас, например, в Восточной Сибири базальтовый покров занимает площадь размером около 1 млн. *км*² при толщине покрова до 20 *м*. На о-ве Исландия мощность покрова этой породы достигает даже 3000 *м*. Грандиозные покровы базальтовых лав слагают Деканское плоскогорье в Индии, встречаются они и в Южной Америке.

Потоки образуются при застывании более тугоплавких лав, вытекающих во время вулканических извержений. Они обычно состоят из затвердевших лав — липаритов, андезитов, трахитов и вулканического стекла. Излияние этих лав обычно сопровождается выбросами различных рыхлых продуктов извержений.

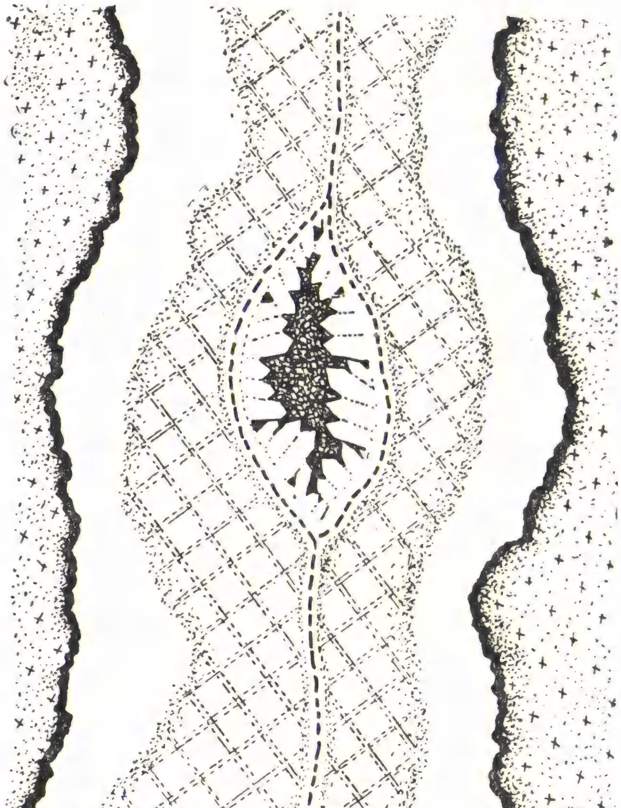
Очень распространенные формы залегания некоторых магматических пород — жи-

лы. Они образуются в трещинах земной коры после заполнения их различными минеральными веществами. В эти трещины из глубоких недр земли могут проникнуть расплавленные магматические массы, разнообразные пары и газы или горячие водные растворы.

В соответствии с этим жилы разделяются на пегматитовые, образовавшиеся магматическими процессами; пневматолитические, получившиеся под воздействием паров и газов различных веществ, входивших в магму, и гидротермальные, в образовании которых участвовали горячие водные растворы, поступавшие в трещины из глубинных частей земли.

На поверхности земли минеральные жилы обнаруживаются лишь после того, как находящиеся над ними породы будут разрушены и снесены. В жилах встречается большое количество разнообразных минералов, представляющих собой ценные полезные ископаемые.

Наиболее распространенные минералы, образующиеся в пегматитовых жилах: кварц, особенно дымчатый и черный; разнообразные полевые шпаты; слюды — светлые (мусковит) и темные (биотит); многочисленные минералы из группы драгоценных камней, радиоактивные минералы урана и тория.



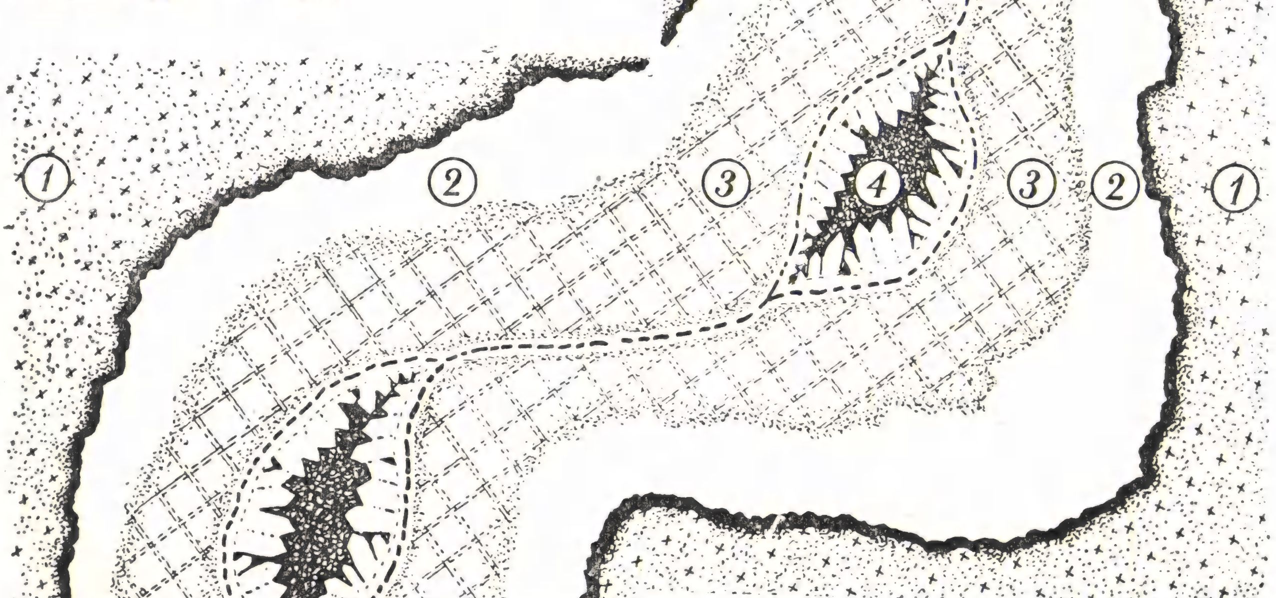


Схема строения пегматитовой кварцево-полевошпатовой жилы:

1 — окружающая жилу порода — гранит; 2 — «письменный гранит» — полевой шпат с правильно проросшими кристаллами кварца; 3 — крупнокристаллические массы полевого шпата и кварца; 4 — отдельные гнезда — полости с кристаллами кварца и других минералов.

В гидротермальных жилах мы находим множество рудных полезных ископаемых — соединений меди, свинца, цинка, ртути; такие металлы, как серебро и золото, также очень часто добывают из гидротермальных жил.

Здесь описаны наиболее часто встречающиеся магматические породы. Вообще же их известно свыше тысячи видов. Вы можете познакомиться с ними по специальным книгам или по коллекциям различных краеведческих и геологических музеев. Побывать в таких музеях и полезно и интересно. Ведь не каждый из вас может сам увидеть в природе многие горные породы и минералы.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Присмотритесь к ручейку или маленькой речке. Вы сразу заметите, что она несет много мелкого песка или тончайшей мути. Более крупные частицы ручеек перекатывает по дну; более мелкие — переносятся течением воды. Эти частицы сносятся в речку с береговых склонов дождевыми и талыми водами, а также вымываются рекой из пород, слагающих дно и берега русла.

Чем быстрее течет речка, тем больше частиц она вымывает и уносит своими водами. Многие быстро текущие реки отличаются мутной водой. Таковы, например, в низовьях наши кавказские горные реки — Кура, Терек, Кубань.

И у многих равнинных рек мутные воды, особенно если они прокладывают себе путь среди мягких глинистых пород. Особенно мутными становятся равнинные реки в половодье.

Крупные, тяжелые частицы, вымытые рекой из пород, слагающих берега, сравнительно быстро оседают, встретив на своем пути то или иное препятствие, а главным образом — при уменьшении скорости течения. Мелкие же и легкие частицы совершают далекие путешествия: они уносятся из ручьев в небольшие речки, из небольших речек — в полноводные реки и под конец своих странствий достигают озера или моря.

Трудно себе представить, как велико количество мелкого осадка, выносимого в моря и океаны каждой большой рекой.

Ученые подсчитали, что Аму-Дарья выносит в течение года в Аральское море около 45 млн. *м*³ твердых минеральных частиц; р. Ганг выносит в Индийский океан 200 млн. *м*³, а р. Хуанхэ (Желтая) — до 900 млн. *м*³ в год!

Воды р. Хуанхэ желтого цвета из-за большого количества желтой мути; даже та часть Тихого океана, куда они вливаются, получила желтую окраску и поэтому называется Желтым морем.

Попадая в спокойные воды или в море, муть, принесенная речной водой, постепенно осаждается на дно. На морских пляжах и у самых берегов отлагаются наиболее крупные, тяжелые обломки и округлые камешки с отполированной поверхностью, называемые **галькой**. Они приносятся реками преимущественно в период половодья или образуются при размыве морских берегов. Более мелкие частицы увлекаются несколько дальше в море и, оседая там, образуют слои песка. Наконец, самые мелкие, тончайшие частички — ил — уносятся уже на значительное расстояние от берегов и, оседая на дне, образуют слои глин.

Этот процесс осаждения различных частиц в море происходит непрерывно день за днем, годами, столетиями, тысячелетиями. Одни слои осадков постепенно перекрываются другими. Нижележащие слои под давлением вновь образовавшихся уплотняются и твердеют.

Осадок, накопляющийся в море, под влиянием морской воды, содержащей различные соли, подвергается химическим видоизменениям. В нем возникают новые минеральные образования, которые прочно связывают (цементируют) частицы осадка, заполняя промежутки между ними.

Если цементируются гальки, то возникает осадочная порода, называемая **конгломератом**. Сцементированный песок образует **песчаник**; затвердевшие глины — **глинистые сланцы**. Если в состав глинистого осадка входит значительное количество известковой мути, то порода носит название **мергеля**. Все это — обломочные осадочные породы. Они возникли за счет обломков ранее существовавших горных пород, постепенно

Переслаивание известняков песчанистыми глинами.

размытых или разрушенных реками, дождями, ветрами, морозом.

Обломочные осадочные породы могут образоваться не только в море, но и на дне рек, озер и на суше.

В горах скопляются крупные остроугольные обломки разрушающихся горных склонов. Эти скопления называются щ е б н е м. Уплотняясь и цементируясь, щебень постепенно превращается в горную породу — б р е к ч и ю [1].

В пустынях, где огромную разрушительную работу совершает ветер, накапливается большое количество песков, слагающих песчаные холмы — барханы. Тонкая пыль переносится ветром на окраины и за пределы пустынь и, отлагаясь здесь, образует своеобразную легкую и пористую породу — л ё с с. Образуется лёсс, по мнению ученых, и другими способами.

На севере и в средних широтах нашей страны в большом количестве встречаются грубые красно-бурые песчанистые суглинки с крупными обломками камней — валунами. Эти валунные суглинки представляют собой м о р е н у, отложенную огромными ледниками, покрывавшими большие пространства СССР, Западной Европы и Северной Америки.

На склонах оврагов и речных долин дождевыми потоками и талыми водами откладываются тонкие глинисто-песчаные наносы — д е л ю в и й.

Все осадки, намываемые реками и накапливающиеся в их руслах и по берегам (речные гальки, пески, глины), называются а л л ю в и е м или аллювиальными наносами.

В теплых тропических морях существуют огромные колонии кораллов, образующие так называемые к о р а л л о в ы е р и ф ы. Рифы тянутся иногда на сотни километров. Волны разбивают отмершие части рифа и превращают их в мелкие обломки, оседающие также на дне океанов.

В морях живут разнообразные организмы: водоросли, моллюски, иглокожие (морские лилии, морские ежи, морские звезды). Твердые остатки всех этих животных и растений на-

Выход пластов осадочных горных пород близ Новороссийска. В этом районе добывают сырье для цементной промышленности.

[1] Брекчиями называют также породы, заполняющие трещины, которые образуются при разрывах и перемещениях пластов земли.

капливаются на дне в виде осадка. Панцири и скелеты некоторых животных, остатки растений накапливаются на дне океана в течение тысяч и миллионов лет в огромных количествах, образуя мощные толщи осадочных горных пород.

В слоях древних осадочных пород очень часто находят раковины, скелеты, отпечатки организмов, живших в ту эпоху, когда накапливался соответствующий слой. По этим окаменелостям геологи определяют, в каких условиях (в море, озере или на суше) и в какую геологическую эпоху образовалась данная горная порода.

В глубоководных частях океана, куда уже не попадает глинистый материал, осадок дна состоит из ила — остатков мельчайших водорослей диатомей, одетых тонкой прочной кремнёвой оболочкой, а также одноклеточных животных радиолярий с кремнёвым скелетом.

Материал для образования своих скелетных частей диатомеи и радиолярии получают из солей, растворенных в морской воде.

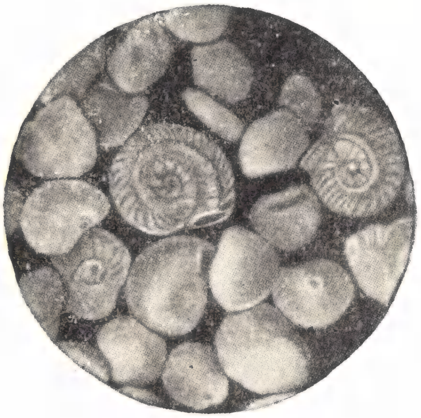
Впоследствии, затвердевая, диатомовый ил превращается в горную породу **диатомит**. Близка к диатомиту и горная порода **трепел**, содержащая, кроме остатков диатомовых водорослей, также остатки радиолярий и других животных.

Наряду с организмами, имеющими скелет из кремнезема, существуют растения и животные, у которых скелеты или раковины состоят из извести. Эту известь животные и растения получают из солей морской воды. Таковы некоторые водоросли, отлагающие известь в своих клетках или вокруг них, и различные животные организмы: двустворчатые и брюхоногие моллюски, коралловые полипы, одноклеточные фораминиферы и др.

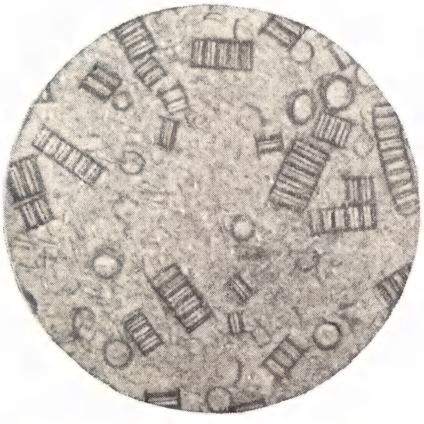
Среди древних осадочных пород в некоторых районах нашей страны (например, в бассейне р. Дона, на Украине, в Поволжье) встречается белый писчий мел, который представляет собой затвердевший морской осадок, состоящий из остатков мельчайших животных — фораминифер. Если рассмотреть под микроскопом порошок мела, а также диатомита или трепела, смоченный каплей воды, можно увидеть остатки организмов, слагающих эти породы.

Очень широко распространена на Земле горная порода **известняк**. Она также представляет собой древний морской осадок. В отличие от мела известняк состоит из обломков скелетов сравнительно крупных морских организмов: раковин моллюсков, панцирей и игл морских ежей, скелетов коралловых полипов. В известняке эти остатки можно увидеть невооруженным глазом.

Все эти породы, образующиеся из остатков скелетов различных организмов, называются **органогенными осадочными породами**.



Мел под микроскопом.



Диатомит под микроскопом.

Морская вода содержит очень много солей. В местах с жарким и сухим климатом вода заливов и лагун, связанных с морем лишь узкими протоками, а также некоторых озер сильно испаряется и растворы солей становятся перенасыщенными. Наступает кристаллизация и осаждение солей на дне. Обычно это происходит в бассейнах с малым притоком пресных вод. Так образуются слои **гипса**, **каменной соли** и некоторых других солей. Такие осадочные породы относятся к **хемогенным осадочным породам**.

В нашей стране грандиозное осаждение каменной соли происходит в знаменитых озерах Эльтон и Баскунчак, а также в заливе Каспийского моря Кара-Богаз-Гол, где отлагается сернокислая соль натрия — **мирабилит**.

Процесс отложения осадков происходит не всегда непрерывно и равномерно. Во время половодья реки несут более крупные частицы, преимущественно песок и гравий, а при спаде воды выносится

Залив Кара-Богаз-Гол у подножия обрыва Мангышлакского плато. Волны выбрасывают соль на берег.

встречаются залежи важнейших полезных ископаемых: железные, алюминиевые и марганцовые руды. Иногда эти месторождения простираются на десятки километров, например керченские железные руды. Эти рудные месторождения образуются в морях и озерах путем постепенного накапливания осадков из впадающих в эти водоемы рек, так как речные воды иногда могут содержать большое количество железа, алюминия или марганца в виде различных соединений.

Такие распространенные горные породы, как пески и глины, широко применяются в промышленности. Миллионы тонн песков и гравия употребляются ежегодно на строительстве шоссейных дорог и железнодорожного полотна. Особенно чистые пески, состоящие исключительно из зерен минерала кварца, идут на изготовление стекла и производство огнеупорного кирпича.

Глина служит сырьем для изготовления обычного кирпича; некоторые сорта глин идут на изготовление фарфора.

Прекрасным строительным материалом служит известняк. Кроме того, он применяется как флюс (плавень) при доменном процессе (см. примечание на стр. 134) и как ценное сырье для цементного производства.

Трепелы и диатомиты представляют собой прекрасный фильтрующий (очищающий от примесей) материал для очистки разнообразных нефтяных продуктов и широко применяются также для изготовления огнеупорных и легких кирпичей.

Таким образом, большинство осадочных горных пород находит себе применение в хозяйстве.

Изучая свой край, вы, несомненно, найдете осадочные породы, которые будут нужны различным отраслям народного хозяйства — промышленности, строительству, сельскому хозяйству. Этим вы принесете большую пользу своей родине.

только наиболее мелкий материал или же вынос прекращается совсем. Поэтому на дне озера или моря, куда река доставляет свою ношу, осадок откладывается отдельными слоями.

В пределах каждого слоя материал может быть различным: крупнозернистым и мелкозернистым. Толщина слоя, или, как говорят геологи, его **мощность**, может оставаться одинаковой на значительном протяжении или изменяться.

Когда пласт постепенно делается тоньше и сходит на нет, тогда происходит так называемое **выклинивание пласта**.

Мы уже говорили, как возникают осадочные породы на дне морей и озер. Однако на этом не кончается их история. В результате медленных многовековых движений отдельные участки земной коры, долгое время служившие морским дном, поднимаются над уровнем моря и образуют сушу. Вновь образованная суша постепенно размывается реками, и поэтому древние осадочные породы можно увидеть в обрывах и крутых склонах. Многие горы на Земле сложены осадочными породами. Например, Уральские горы состоят из известняков, песчаников, конгломератов, глинистых и кремнистых сланцев (см. стр. 170).

Какое же значение имеют осадочные породы для народного хозяйства? Среди осадочных пород

ЧУДЕСНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД (МЕТАМОРФИЗМ)

Горная порода, образовавшаяся на той или иной глубине в земной коре или на ее поверхности, не остается неизменной. За сотни и десятки миллионов лет одни области земной коры опускались, заливались морем, дно которого постепенно покрывалось мощными толщами новых осадков, так что породы, образовавшиеся некогда на поверхности Земли, оказались на большой глубине. Другие участки, наоборот, сжимаясь мощными силами Земли в складки, вздымались в виде огромных гор и хребтов. Колебания температуры, работа воды, льда, ветра разрушали вершины гор, и на поверхность выступили породы, поднятые из глубин горообразующими силами. Конечно, при этих перемещениях горные породы не могли оставаться такими же, какими они были первоначально, когда находились в иных условиях.

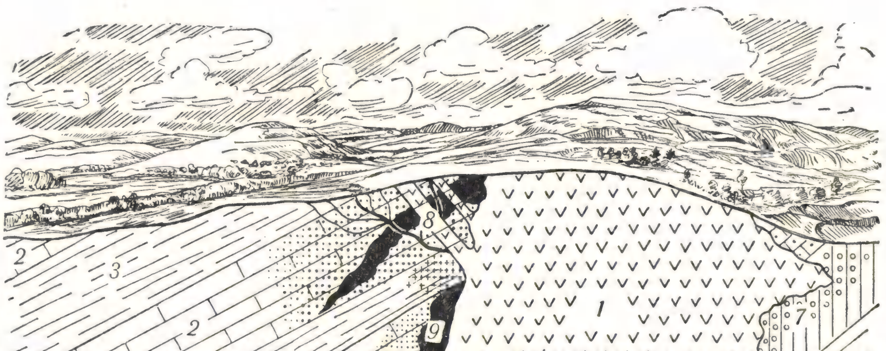
Длительные наблюдения геологов показали, что одни из пород разрушаются на поверхности Земли, распадаются на мелкие частицы, отлагающиеся в морях, озерах и пустынях; другие же, попав в более глубокие области земной коры, настолько изменяются, что иногда их узнать почти невозможно. Все изменения, происходящие в глубоких областях земной коры и придающие горным породам новый облик и состав, называются *метаморфизмом*[1], а измененные горные породы — *метаморфическими породами*.

Земная кора состоит из плотной массы горных пород, поэтому все нижележащие породы испытывают давление от веса вышележащих. Можно вычислить изменение давления на разных глубинах земной коры: 1 $м^3$ горной породы весит в среднем около 2500 *кГ*; это значит, что столбик породы высотой в 1 *м* оказывает на 1 $см^2$ давление, равное около $^1/_4$ атмосферы. На глубине 10 *км* давление будет в 10 000 раз более, т. е. 2500 атмосфер, а на глубине 30 *км* — около 8000 атмосфер.

Кроме того, в недрах Земли наблюдается относительно высокая температура.

Таким образом, условия, в которых находятся горные породы в глубинах Земли и на поверхности, различны. Поэтому горная порода, образовавшаяся на поверхности Земли или на дне моря (песок, глина, известняк и др.) и опустившаяся за десятки миллионов лет своего существования в глубины земной коры на 10, 20 и более километров, не может остаться без изменения. Под влиянием существующих там огромных давлений и высокой температуры горная порода видоизменяется, перекристаллизовывается, превращается в метаморфическую породу.

На значительных глубинах может произойти даже переплавление пород. При этом снова образуется магма, которая, поднимаясь и застывая, может дать начало новым магматиче-



Внедрение магмы в осадочные породы:

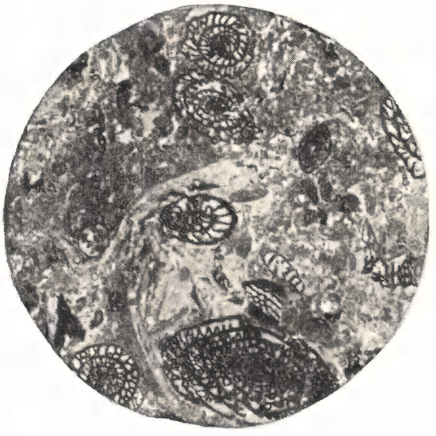
1 — глубинная магматическая порода; *2* — известняки; *3* — глинистые сланцы; *4* — песчаники и кварциты; *5* — известняки, превращенные в мрамор; *6* — глинистые сланцы, перешедшие в роговики; *7* — перекристаллизованные кварциты и роговики; *8* — жилы изверженной породы и рудные жилы; *9* — железорудные тела.

[1] От греческого слова «метаморфозис» — изменение, превращение.

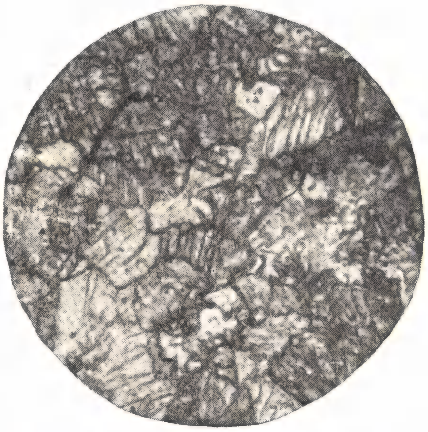
ским породам. Превращение горных пород (метаморфизм), происходящее вследствие опускания их в более глубокие части земной коры, часто захватывает большие площади. Метаморфизму подвергаются как осадочные, так и магматические породы.

Иногда порода может изменяться и по другой причине. Поднимаясь из недр Земли, магма внедряется в толщи твердых пород земной коры, частично расплавляет их. В местах соприкосновения (контакта) с магмой твердые породы сильно изменяются. Сквозь трещины и пустоты земной коры проходят пары воды и газы, выделяющиеся из медленно остывающей магмы. Они несут с собой соединения различных химических элементов, постепенно растворяющих и замещающих новыми минералами первоначальную породу. При этом порода метаморфизуется иногда на значительное расстояние от контакта (3—5 и даже 10—15 *км*). Породы могут изменяться и под влиянием сильного бокового давления.

Таким образом, метаморфизм всех горных пород, попавших из поверхностных частей в глубины земной коры, зависит от трех причин: 1) очень большого давления; 2) высокой температуры и 3) химического воздействия растворов, паров и газов, выделяющихся из магмы.



Известняк под микроскопом. Видны обломки и крупные раковинки корненожек, называемых фузулинами.



Мрамор под микроскопом. Видны взаимопрорастающие неправильные кристаллы кальцита.

При метаморфизме пород многие ранее имевшиеся в них минералы оказываются неустойчивыми в новых условиях. За их счет образуются новые минералы, очень характерные для метаморфических пород, как например гранаты, слюды.

Вновь образовавшиеся породы могут иметь и другое строение. Минералы с игольчатой или пластинчатой формами зерен (слюда, хлорит, роговая обманка и т. п.) располагаются в виде параллельных, вытянутых в одном направлении полосок, чередующихся с зернистыми минералами. Такое строение носит название п а р а л л е л ь н о-п о л о с ч а т о г о. Когда порода состоит из одних пластинчатых минералов, получается т о н к о-л и с т о в а т о е с л о ж е н и е (сланцеватое), как например у слюдяных и хлоритовых сланцев. Иногда среди полосчатой массы сохраняются отдельные крупные зерна более твердых минералов (полевой шпат, гранат) округлой формы, которые как бы облекаются слоями и полосками. Это так называемая о ч к о в а я с т р у к т у р а (строение), часто встречающаяся в гнейсах. Наконец, метаморфическая порода может быть сложена из зерен минералов, раздробленных сильным давлением.

Таким образом, осадочные и изверженные породы, переходя в метаморфические, приобретают новую структуру и новый минералогический состав. Они превращаются в кристаллические сланцы. Глины и глинистые сланцы переходят при метаморфизме в слюдяные, хлоритовые и талько-хлоритовые сланцы, песчаники — в кварциты, известняки — в мрамор, глинистые и содержащие полевой шпат песчаники — в гнейсы, гранитные изверженные породы при метаморфизме также образуют гнейсы.

Г н е й с ы — наиболее распространенная метаморфическая горная порода. Гнейсы слагают наиболее древние по возрасту участки земной коры. Состав гнейса совершенно подобен граниту — кварц, полевой шпат, слюды, роговые обманки и т. п. Однако гнейс легко отличить от гранита по характерной полосчатости (чередование светлых и темных полос), по частому присутствию в составе породы граната, а в некоторых случаях—по очковой структуре.

В природе (например, у нас в СССР на Кольском п-ве, в Карелии, на Украине, на Урале,

в Прибайкалье и т. д.) часто наблюдаются переходы от настоящих зернистых гранитов к полосчатым их разновидностям и к настоящим гнейсам. Такие промежуточные породы называют гранитогнейсами.

Метаморфические сланцы.

Очень распространены метаморфические сланцы, как например слюдяные, талько-хлоритовые, слюдяно-гранатовые, хлоритовые. Минералогический состав их иногда ясен уже из самого названия.

Жители Карелии, Кавказа, Урала, Восточной Сибири и горных областей Средней Азии могут часто наблюдать в ущельях рек и оврагов мощные пачки то серебристых, блестящих листоватых пород, то темно-зеленых, иногда жирных на ощупь, то плотных черных, раскалывающихся на тонкие гладкие плитки. Это метаморфические сланцы. Некоторые из них (аспидный, кровельный сланцы) дают прекрасный — прочный и красивый — материал для крыш домов.

Очень ценны для хозяйства прочные твердые породы — кварциты, состоящие из мельчайших частичек кварца, спрессованных под огромным давлением. Когда эти породы образуются за счет метаморфизации песчаника, вместе с которым накапливались во множестве частицы бурых окислов железа, то кварциты представляют собой ценную железную руду — так называемые железистые кварциты. Крупнейшие месторождения железа на Кольском п-ве, в Кривом Роге, в районе так называемой Курской магнитной аномалии состоят из таких полосчатых железистых кварцитов. Они относятся к очень древним геологическим отложениям.

Чистые плотные кварциты — то белые, то нежно-розовые (белоречит на Алтае), то коричнево-красные (шокшинский камень в Карелии) — служат прекрасным материалом для памятников и художественных изделий. Шокшинский кварцит использован для облицовки Мавзолея В. И. Ленина и И. В. Сталина в Москве. Очень красивы художественные изделия из нежно-розового белоречита, сделанные мастерами Колыванской фабрики на Алтае. Мрамор, как вы теперь уже знаете, — это перекристаллизованный известняк. Серый, невзрачный известняк в глубоких недрах Земли под влиянием огромного давления и высокой температуры превращается в красивый мрамор

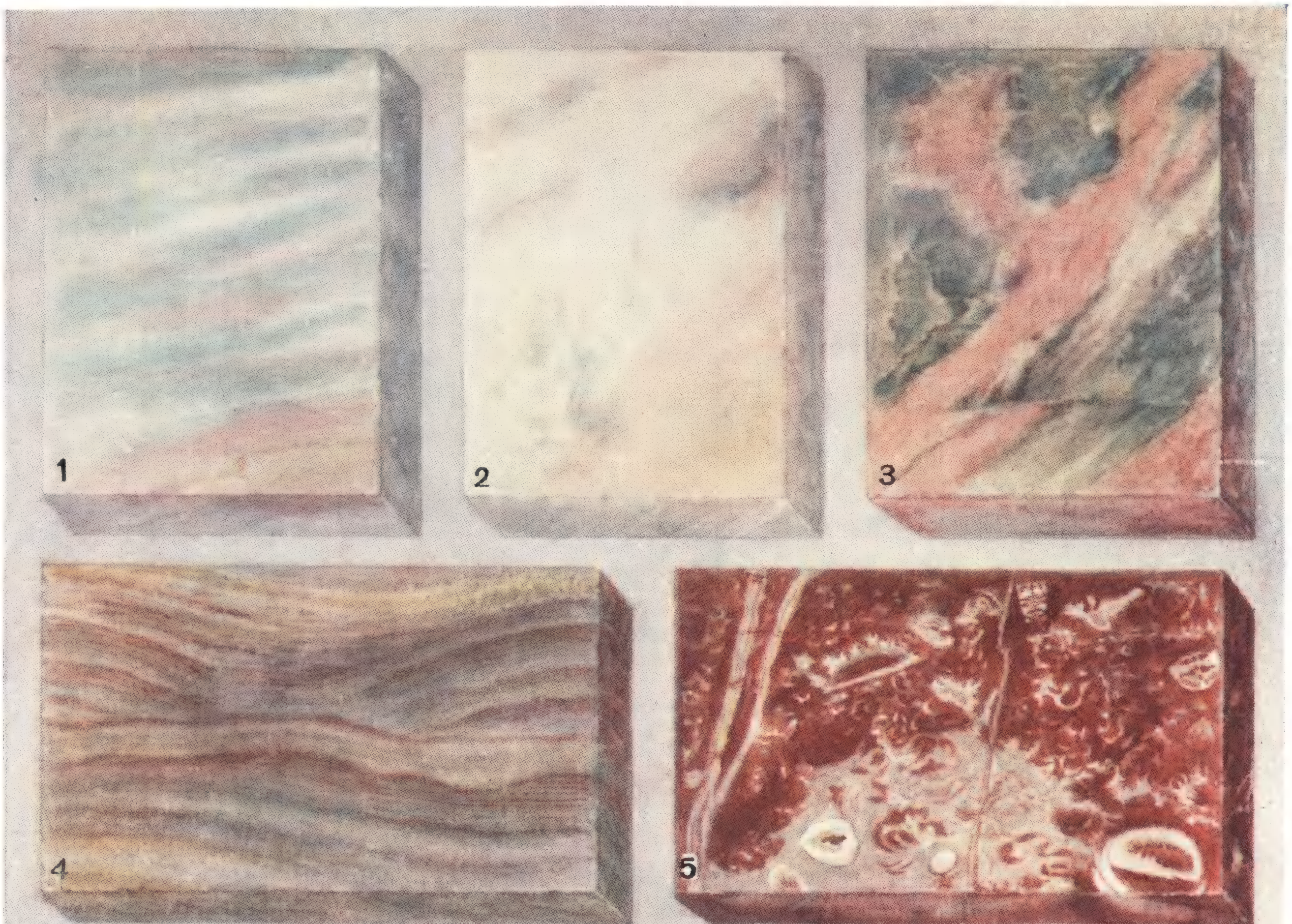
Вазочка из темного белоречита.

причудливых рисунков. Расцветка мрамора зависит от присутствия в нем окислов железа, зеленого хлорита и других распыленных минералов.

Вестибюли Московского метро и залы дворцов Ленинграда отделаны мраморами с прекрасными узорами. Этот же мрамор можно увидеть в огромных залах электростанций; из него сделаны доски, на которых укреплены рубильники и измерительные приборы.

Знать, какие породы выходят на поверхность земли в том или ином районе, очень важно. С выходами метаморфических пород связаны месторождения таких ценных полезных ископаемых, как железные руды, тальк, гранат и др. Некоторые метаморфические породы, как мрамор, кровельный сланец, гранитогнейсы и другие, широко применяются в нашем строительстве.

Изучение и открытие новых месторождений метаморфических горных пород имеет большое значение для успешного развития народного хозяйства. Юные читатели могут принести большую пользу своей родине, участвуя в разведке недр.



МРАМОР ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1 — из месторождения Газган (Узбекская ССР); 2 — из месторождения Прохорово-Баландино (Урал); 3 — из месторождения Кибик-Кордон (Красноярский край); 4 — из Фоминского месторождения (Урал); 5 — из месторождения Шроша (Грузинская ССР); 6 — из месторождения Джархеч (Армянская ССР); 7 — из месторождения Пуштулим (Алтай); 8 — из месторождения Уфалей (Урал).

Московский
метрополитен
им. В. И. Ленина.
Станция
«Краснопресненская».

Московский
метрополитен
им. В. И. Ленина.
Станция
«Серпуховская».

Сокровища недр Земли

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

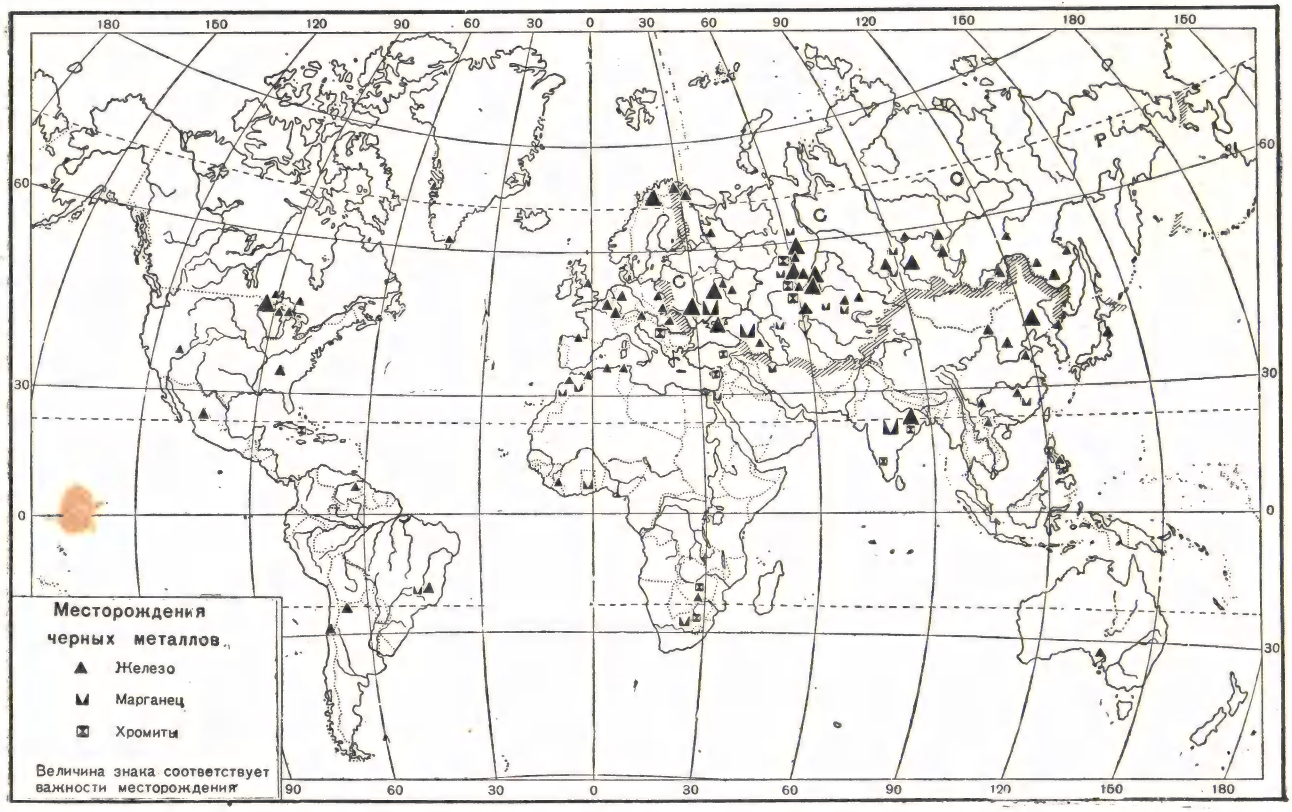
К черным металлам относятся: железо и сплавы его с углеродом — чугун и сталь, затем марганец, хром и некоторые другие металлы, прибавляемые к стали для улучшения ее качества.

Черные металлы используются всюду. Каркас («скелет») высотного, многоэтажного здания и огромный океанский корабль, автомашина и паровоз, трактор и комбайн, молоток, топор, пила, нож и перо в ручке — все эти большие и малые предметы сделаны из черных металлов.

Железо в соединении с другими элементами распространено в природе чрезвычайно широко. В горных породах, слагающих земную кору, в среднем содержится около 5% железа. Ни одно растение, ни одно животное не может развиваться без железа. В организме человека, например, содержится около 5 *Г* железа. Оно входит в состав гемоглобина, красящего вещества крови.

Чистое металлическое железо в природе встречается очень редко, главным образом в метеоритах, изредка падающих на Землю из межпланетных пространств.

Имея большое сродство с кислородом, железо быстро вступает с ним в химическое соединение, особенно если на поверхность железа попадает влага. Железные предметы от влаги покрываются ржавчиной желтого или ярко-коричневого цвета. Ржавчина — не что иное, как соединение железа с кислородом и водой. На



Карта месторождений черных металлов.

поверхности земли железные руды также переходят в водные окислы железа. Главные железные руды — магнитный железняк, или магнетит, бурый железняк, или лимонит[1], и красный железняк, или гематит[2]. Бурый железняк, или лимонит, образуется в результате соединения железа с кислородом и водой.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУД ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ В СССР

В Советском Союзе имеются богатейшие месторождения руд железа, марганца и хрома.

Магнитный железняк, или магнетит, — черный минерал с металлическим блеском, имеющий замечательное свойство — магнитность. Если его поднести к стрелке компаса, то один

[1] От греческого слова «леймон», что значит «луг» (по местонахождению лимонита в сырых местах, болотах).

[2] От греческого слова «гема», что означает «кровь», — кровавый. Минерал назван так по цвету черты, которую он оставляет на белой неглазурованной фарфоровой пластинке.

конец ее будет отталкиваться от куска минерала, а другой — притягиваться к нему. Некоторые же образцы магнетита обладают столь сильной магнитностью, что мелкие кусочки железа или стали «прилипают» к нему.

В местах залегания магнитных руд стрелка компаса ведет себя совсем не так, как обычно. Ее темный конец, вместо того чтобы указывать направление на север, отклоняется в сторону залежей руды, и тем сильнее, чем залежи больше и чем ближе расположены к поверхности земли. Поэтому, наблюдая в различных местностях отклонения магнитной стрелки, можно открыть лежащие под землей залежи железных руд. Так в СССР была открыта Курская магнитная аномалия[1].

А в 1949 г. в Кустанайской области Казахстана обнаружили большое Сарбайское месторождение железных руд. Открыл его летчик Михаил Сургутанов. Пролетая на самолете над одиноким курганом, летчик с удивлением заметил,

[1] Греческое слово «аномалия» обозначает отклонение от нормы, в данном случае — отклонение магнитной стрелки от обычного направления.

что стрелка магнитного компаса быстро завертелась, как это бывает обычно в районах магнитной аномалии.

В этих местах геологи-разведчики, пользуясь указаниями летчика, открыли крупнейшее Соколовское месторождение магнитного железняка. Запасы железных руд превышают в нем 10 млрд. *т*. Теперь в этих местах возник Соколовско-Сарбайский горнообогатительный комбинат.

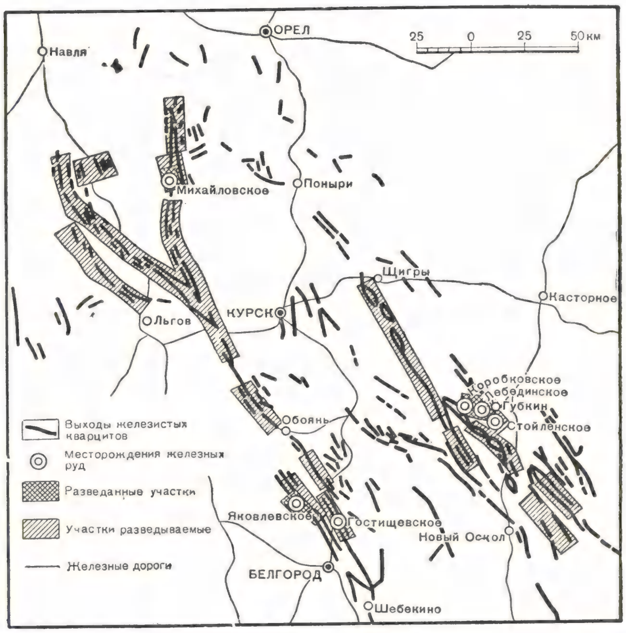
Магнитный железняк — богатая железная руда: она содержит до 72% чистого железа. Магнитным железняком сложены целые горы, как например известные вам на Урале горы Магнитная, Благодать и Высокая. В очень далекие времена огненно-жидкая гранитная магма внедрилась в слои известняка и других пород. При застывании магмы содержавшееся в ней железо улетучилось с парами и газами по трещинам в окружающие породы, вступило с ними в химическое соединение. Так образовались железные руды горы Магнитной и др. На рудах горы Магнитной в годы первой пятилетки, в 1928—1932 гг., был построен гигант черной металлургии — знаменитый Магнитогорский завод.

Красный железняк, или гематит, широко распространен в древнейших кристаллических породах в Кривом Роге и в Курской области. Ученые предполагают, что руды эти образовались осадочным путем на дне неглубоких морей или озер и первоначально представляли собой бурые железняки. Затем слои земной коры с пластами бурых железняков были покрыты новыми толщами осадочных пород и опустились на большую глубину, где господствуют высокие температуры и большое давление. Там водные окиси железа потеряли воду и превратились в безводную окись железа — гематит. Руды гематита встречаются в трех разновидностях: землистые тонкозернистые массы, имеющие красный цвет, или в виде черных чешуек и пластинок («железный блеск») и, наконец, в виде плотного железно-черного минерала. Однако и эти черные разновидности, если провести ими по неглазурованной фарфоровой пластинке, дают вишнево-красную черту.

Криворожские руды красного железняка замечательны своей чистотой. В них почти нет фосфора и серы, вредных примесей, делающих железо хрупким.

В районе Курской магнитной аномалии, в недавно открытой Белгородской группе месторождений, находятся подземные «железные хребты» — огромные месторождения железных руд. Древние породы, содержащие железные руды, залегают здесь на глубине 100—200 *м* под толщей значительно более молодых осадочных пород. Отдельные месторождения залегают на меньшей глубине и разрабатываются открытыми карьерами. Кроме скоплений богатых руд, содержащих от 50 до 65% железа, громадные запасы железа содержатся в железистых кварцитах — породах, состоящих из кварца с вкрапленниками магнетита и гематита. На огромной площади Курской аномалии заключены самые большие в мире запасы железистых кварцитов и огромные месторождения богатых железных руд.

Бурые железняки, или лимониты, образуются из различных соединений железа, извлекаемых поверхностными водами из разрушающихся горных пород. Когда воды, содержащие соединения железа обычно в незначительном количестве, попадают в озера или мелкие заливы морей, железо постепенно выпадает из них в виде осадка на дно. Это очень сложный химический процесс, происходящий при участии бактерий и водорослей. Минерал лимонит на дне озера за 20—30 лет образует слой руды толщиной в 10—15 *см*. Такие руды на севере СССР называются озерными, болотными или бобовыми рудами железа. Бобовыми ониназы-



Район Курской магнитной аномалии. Схема расположения месторождений железных руд.

ваются потому, что лимонит образуется в виде скоплений, по форме напоминающих горошины или бобы.

Одно из крупнейших в мире месторождений лимонита — Керченское в Крыму. Керченские руды очень ценны еще и потому, что, кроме железа, содержат много марганца, ванадия и фосфора. Марганец и ванадий улучшают качество стали. Фосфор в малых количествах — вредная примесь, но, когда его много, он полностью извлекается в шлак при плавке руды и затем используется для изготовления удобрений.

Чтобы улучшить качество стали, придать ей бо́льшую упругость, твердость или другие свойства, к ней добавляют марганец, хром, титан, никель, ванадий и некоторые другие металлы. Познакомимся с наиболее важными из них.

Марганцовые руды — это соединения марганца с кислородом; главными промышленными минералами являются пиролюзит, псиломелан и др. Они встречаются в виде черных землистых масс. Как и бурые железняки, марганцовые руды образуются на дне мелких морских заливов путем осаждения марганца из воды под действием бактерий. В СССР богатейшие месторождения марганцовых руд около Чиатури в Грузии, на Украине близ Никополя и в других местах.

Рудой металла хрома является минерал хромит. По внешнему виду он несколько похож на магнетит, но отличается от него отсутствием магнитных свойств. Кроме того, он дает бурую черту на фарфоровой пластинке (у магнетита черта черная). Соединения хрома, получаемые из хромита, применяются в химической, кожевенной (дубители) и других отраслях промышленности. Наиболее крупные месторождения хромита находятся на Северном и Южном Урале.

Очень важны также титаномагнетитовые руды. Титаномагнетитами называются магнетиты, содержащие в качестве примеси минерал ильменит (или титанистый железняк). Эти руды ценны тем, что при выплавке они дают особой прочности сталь.

КАК ПОЛУЧАЮТ МЕТАЛЛЫ ИЗ РУД

Значительно раньше железа люди научились добывать медь и золото. Всего 450 лет назад испанцы, высадившиеся в Центральной и Южной Америке, обнаружили там богатые города с огромными общественными сооружениями, дворцами и храмами. Однако оказалось, что индейцы еще не знали железа. Орудия и оружие у них были сделаны только из меди и камня.

Из истории известно, что народы Египта, Месопотамии и Китая за 3—4 тыс. лет до н. э. производили гигантские строительные работы, чтобы обуздать силу могучих рек и направить воды на поля. Для всех этих работ требовалось много орудий — кирок, мотыг, плугов, а для защиты от набегов кочевников много оружия — мечей и стрел. В то же время меди и олова добывалось не так уж много. Поэтому развитие производства требовало нового металла, более распространенного в природе. Поиски этого металла были нелегкими: руды железа мало похожи на металл, и в древности человеку, конечно, трудно было догадаться, что именно в них содержится нужный ему металл. Кроме того, само по себе железо очень мягко, для изготовления орудий труда и оружия оно плохой материал.

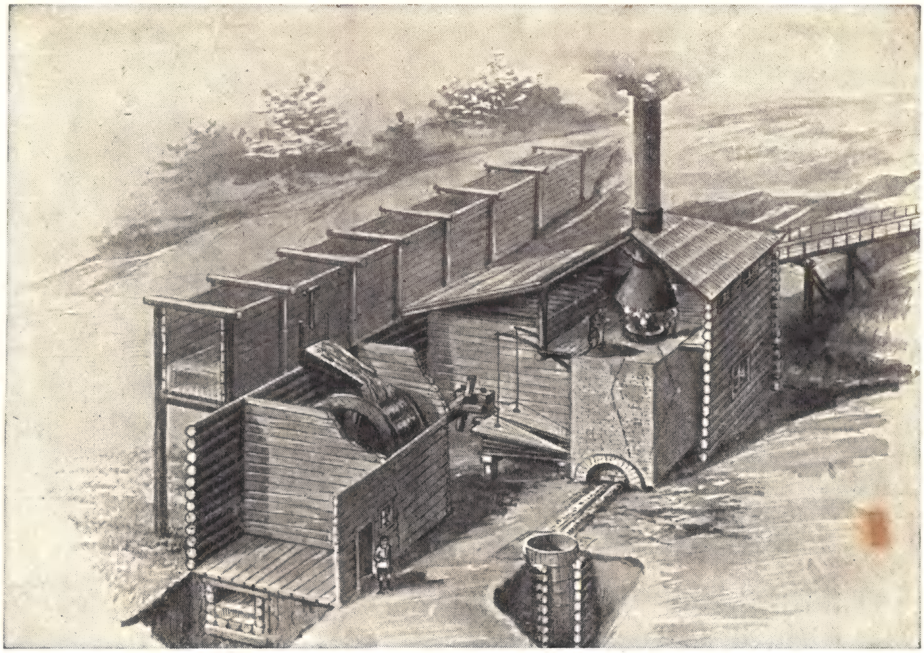
Прошло много времени, пока человек научился извлекать железо из руд и делать из него чугун и сталь.

Возможно, что первые открытия железа как материала для изготовления различных предметов связаны с находками железных метеоритов, состоящих из самородного железа с примесью никеля. Может быть, наблюдая, как метеоритное железо ржавеет, люди догадались, что железо содержится в желтых землистых охрах, встречающихся часто на поверхности земли, а затем открыли способы выплавки железа.

По историческим данным, приблизительно за тысячу лет до н. э. в Ассирии, Индии, Урарту и некоторых других странах уже умели добывать и обрабатывать железо. Из него изготовляли орудия труда и разнообразное оружие. В VII в. до н. э. земледельческое население, жившее по Днепру и в причерноморских степях, также умело добывать железо. Из него скифы изготовляли ножи, мечи, наконечники для стрел и копий и другие предметы военного и домашнего обихода.

Добыча и искусство обработки железа были широко распространены по всей Древней Руси.

Кузнецы, называемые в народе «хитрецами», в те времена не только обрабатывали, но обычно сами и добывали железо из руд. Их очень уважали. В народных сказаниях кузнец побеждает Змея Горыныча, олицетворявшего злые силы, и совершает много других героических подвигов.



Доменный амбар Звенигородского завода, основанного в 1675 г. (реконструкция).

Железо — мягкий металл, хорошо поддающийся ковке, но в чистом виде непригодный для изготовления инструмента. Только сплавы железа с другими веществами сообщают ему необходимые свойства, в том числе и твердость. Наиболее важны для народного хозяйства два сплава железа с углеродом — чугун, содержащий более 2% (до 6%) углерода, и сталь, содержащая от 0,04 до 2% углерода.

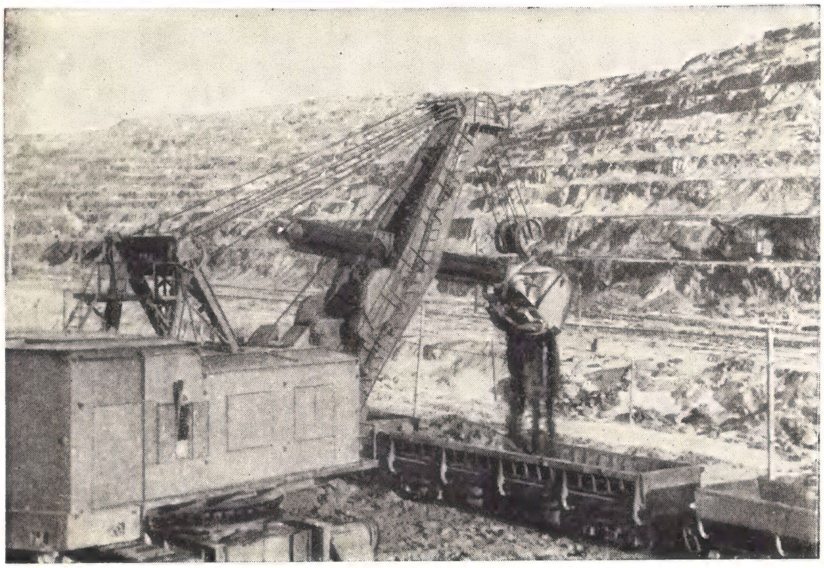
В древности люди не имели понятия о чугуне, но научились изготовлять сталь из железа. Железо они выплавляли в примитивных горнах, смешивая железную руду с древесным углем. Высокую температуру, необходимую для выплавления железа из руды, они получали, применяя обыкновенные воздуходувные мехи. Их приводили в движение руками, а позднее — силой воды, ставя водяные мельницы. После плавки железной руды получалась спекшаяся масса зернистого железа, которая затем ковалась на наковальнях.

Чтобы получить из железа сталь, тонкие полоски откованного железа обкладывались древесным углем и прокаливались вместе с углем несколько дней. Конечно, таким способом получали мало стали, и она стоила дорого. Секреты изготовления стали хранились строжайшим образом. Особенно знаменитой была дамасская сталь — булат, — способ получения которой был разработан, по-видимому, древнеиндийскими мастерами, а затем освоен арабскими мастерами.

Однако все эти способы обработки железной руды и получения стали давали мало металла. Все увеличивавшаяся потребность в нем заставляла людей искать новые способы получения значительно бо́льших количеств металла. В конце XIV или начале XV столетия горновые печи для плавки железа стали строить уже высотой в 2—3 *м*, чтобы получить больше металла. Мастера, производившие плавку в этих печах, заметили, что некоторые плавки выходят неудачными. Вместо железа в печи образовывалась похожая на железо масса, которая, остывая, давала хрупкое, не поддающееся ковке вещество. Но, в отличие от железа и стали, эта масса обладала замечательным свойством: она получалась в печи в расплавленном состоянии в виде жидкости, ее можно было выпускать через отверстия из печи и делать из нее отливки разной формы. Это и был чугун.

Конечно, в старину металлурги не умели объяснить, почему в одних случаях в печи оказывалось спекшееся ковкое железо, а в других — жидкий чугун. Химии как науки в те времена не существовало, и никто из мастеров, изготовлявших железо, не мог знать, что все дело заключалось в пропорции между рудой, углем и воздухом, поступавшим в печь при плавке. Чем больше подается в печь воздуха (точнее — кислорода), тем больше углерода выгорит и он превратится в углекислый газ, который улетучится, и в железе останется мало углерода: так получается сталь. Если же воздуха меньше, то много углерода растворяется в железе: образуется чугун.

Довольно быстро люди научились использовать чугун не только для отливок, но и для изготовления из него ковкого железа. Для



Погрузка породы на руднике.

этого кусок чугуна разогревали в горнах и тем самым выжигали из него лишний углерод.

Изобретение паровой машины и ткацкого станка в XVIII в. и особенно постройка железных дорог в начале XIX в. потребовали огромного количества металла. Опять в производстве железа и стали понадобились коренные изменения.

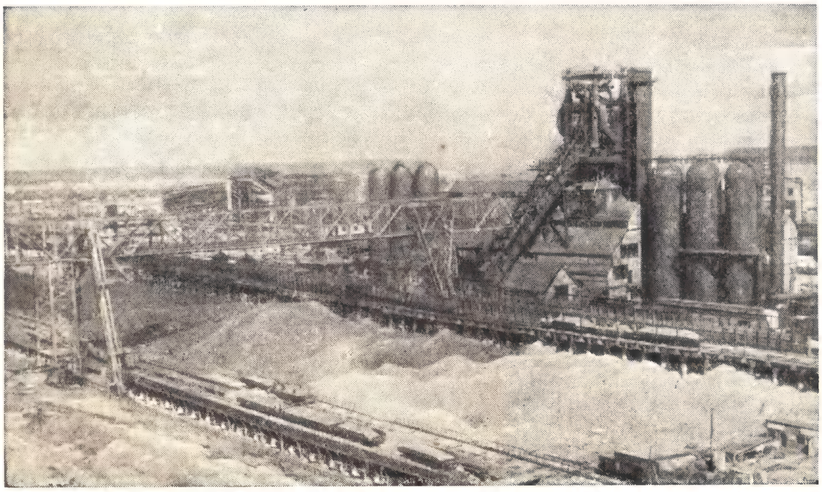
К 1784 г. в Англии Корт ввел переработку чугуна в так называемых пламенных, или отражательных, печах. Этот процесс получил название пудлингования. В отражательной печи стали применять каменный уголь вместо древесного. Использованию каменного угля при плавке мешала сера, которую содержит уголь. Она проникала в железо при соприкосновении его с углем, а содержащее серу железо становилось ломким, как только его нагревали.

В отражательной печи топка отделена порогом от ванны, где плавится чугун, и таким образом уголь непосредственно не соприкасается с чугуном. Чугун нагревается пламенем и раскаленным воздухом, проходящим над ним из топки и отражающимся от свода печи. Попутно с усовершенствованием способа получения чугуна велись усиленные поиски новых способов изготовления стали.

Тайну приготовления дамасской стали — булата — открыл знаменитый русский металлург Павел Петрович Аносов, работавший в первой половине XIX столетия на Златоустовском металлургическом заводе. Он сплавлял в маленьких тиглях железо с графитом, который также представляет собой углерод, и получил замечательную дамасскую сталь. Клинок из этой стали был крепче самой прочной английской стали, которая в то время считалась лучшей в мире.

В 1856 г. английский инженер Бессемер предложил продувать воздух в «сопла» — отверстия в днище реторты — через расплавленный чугун, благодаря чему в 10—20 минут весь излишний уголь превращался в углекислый газ, а чугун — в сталь.

Позднее широкое распространение получил способ плавки стали в отражательных печах, называющийся мартеновским. Мартеновские отражательные печи гораздо лучше старых отражательных печей. В специальных приспособлениях мартенов — регенераторах — воздух и горючий газ, получаемый из каменного угля,



Домна завода «Запорожсталь».

предварительно нагреваются до 1000°. Нагревание происходит за счет тепла дымовых газов, идущих из той же печи. Подогрев газа и воздуха способствует развитию (при горении газа) температуры около 1800°. Этого достаточно для расплавления чугуна и стального лома.

Особенно высококачественную сталь теперь выплавляют в электропечах, где металл получают путем плавления в вольтовой дуге, температура которой достигает 3000°. Преимущества электроплавки заключаются в том, что металл не загрязняется вредными примесями, всегда присутствующими в газах топлива, сжигаемого в обычных печах. В Советском Союзе с его огромным производством дешевой электроэнергии электроплавке принадлежит большое будущее.

Чугун выплавляют в доменных печах. На наших заводах есть домны, дающие более полутора тысяч тонн чугуна в сутки. Высота современной домны вместе со вспомогательными устройствами 40 и более метров.

Тяжелый труд загрузки домны на наших заводах полностью механизирован. На вершине домны, куда подается загрузочный материал, теперь нет людей, их заменяют автоматы.

Чтобы понизить температуру плавления железной руды, в нее добавляют ф л ю с, или п л а в е н ь, — вещество, которое, соединяясь с некоторыми составными частями руды, образует легкоплавкий шлак. Обычно в качестве флюса применяется плавиковый шпат, или флюорит, известняк и др. Смесь руды и флюса называется ш и х т о й. Шихта насыпается в доменную печь вперемежку с коксом, который, сгорая, нагревает и плавит всю смесь. Кокс горит нормально лишь в том случае, если в печь вдувается воздух, предварительно нагретый до 600—850°. Воздух нагревается газами, отходящими из домны, в стальных башнях — к а у п е р а х, выложенных внутри кирпичом.

В самой нижней части печи раскаленный кокс, встречаясь с горячим воздухом, сгорает. При этом образуется углекислый газ (CO_2). Он, поднимаясь кверху, превращается в другой газ — окись углерода (CO), отличающийся высокой химической активностью.

Окись углерода жадно отнимает кислород от окислов железа. Таким образом освобождается металлическое железо, содержащее углерод, т. е. чугун, который затем стекает в нижнюю часть домны. Время от времени его выпускают через специальное отверстие в печи, и он стекает в формы, где и остывает.

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ — ОСНОВА НАШЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Для выполнения программы великих работ по строительству коммунизма нашей стране надо очень много черных металлов. Потребность в них увеличивается с каждым годом. Каждая мачта электропередачи (высота ее с 5—6-этажный дом) делается из стали, а таких мачт на нашей территории устанавливают многие тысячи. А станки, машины, рельсы, каркасы зданий!

Коммунистическая партия и Советское правительство всегда оказывали огромное внимание развитию геологических разведок, добыче руд черных металлов и строительству новых и новых металлургических заводов.

Коренное усовершенствование способов получения черных металлов происходит сейчас у нас на глазах. На наших рудниках, где до-

В мартеновском цехе металлургического завода «Запорожсталь». Разливка стали.

бывают железные и марганцовые руды, на помощь землекопу и горнорабочему — забойщику и откатчику — пришли экскаваторы, горные комбайны, электровозы.

Советские металлурги настойчиво добиваются усовершенствования работы домен; новый способ — вдувание в печи вместо воздуха чистого кислорода — значительно увеличивает скорость плавки и выпуск металла. Советские ученые первые широко применили кислород в металлургии. Производительность мартеновских печей при вдувании кислорода увеличивается на 10—30%.

В семилетнем плане развития народного хозяйства СССР в 1959—1965 гг. особое внимание уделяется дальнейшему освоению природных богатств восточных районов. С этой целью намечено строительство третьей металлургической базы на основе открытых за последние годы новых железорудных месторождений Сибири и Казахстана.

Важнейшие стройки черной металлургии — Карагандинский металлургический и Ермаковский ферросплавный заводы в Казахстане. В Кустанайской области войдет в действие крупнейший в стране Соколовско-Сарбайский горно-обогатительный комбинат. Огромный размах приобретут работы по освоению железорудных богатств Курской магнитной аномалии и Украины. В 1965 г. стали будет выплавляться 86—91 млн. тонн, в полтора раза больше, чем в 1958 г.

РЕДКИЕ И РАССЕЯННЫЕ МЕТАЛЛЫ

ОБЩИЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

Среди разнообразных богатств, которые хранят в себе недра Земли, особенное значение имеют редкие и рассеянные металлы. Исключительная ценность редких металлов определяется тем, что они обладают такими свойствами, которые позволяют использовать их в очень важных областях промышленности, науки и техники.

По принятой в металлургии условной классификации редкие металлы разделены на следующие группы:

I. Группа тугоплавких редких металлов, куда относятся бериллий, ванадий, титан, цирконий, молибден, тантал, ниобий и вольфрам.

II. Группа легкоплавких редких металлов включает литий, рубидий и цезий.

III. Группа рассеянных редких металлов, объединяющая рений, гафний, германий, таллий, теллур, селен, индий, галлий.

IV. Группа редкоземельных редких металлов: скандий, иттрий, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций.

V. Группа радиоактивных редких металлов объединяет уран, радий, торий и др.

Большинство редких и рассеянных металлов в земной коре содержится в очень незначительных количествах, порядка тысячных долей процента (исключение составляют титан, ванадий, литий, бериллий и некоторые другие). Находясь в таких незначительных количествах, эти металлы весьма редко образуют промышленные скопления; трудность освоения редких металлов и состоит в том, что для них характерно *рассеянное* состояние в земной коре; только немногие из них образуют собственные минералы (вольфрам, ванадий, молибден, литий, бериллий и др.).

Хотя селен, теллур, таллий, германий и образуют минералы, но они в природе очень редки. Характерно низкое содержание редких металлов в минералах, из которых их приходится извлекать для промышленного использования.

Это значит, что руды редких металлов надо еще так обработать (как говорят — обогатить), чтобы содержание в них этих металлов увеличилось в 100—200 раз.

Руды редких металлов имеют обычно сложный состав, они часто содержат по нескольку весьма ценных для промышленности металлов и поэтому их надо извлекать комплексно, все вместе, а затем уже разделять. Это дело очень сложное, требующее знания всех физических и химических свойств и особенностей каждого металла. Чаще всего редкие металлы извлекаются попутно при разработке месторождений тех металлов, которые сконцентрированы в боль-

шом количестве. Так, селен и теллур могут содержаться в халькопирите ($CuFeS_2$), а индий, галлий, таллий и германий — в сфалерите (ZnS). Первые металлы добывают попутно с получением меди, вторые также попутно при извлечении из руды цинка.

Редкие металлы известны с середины XIX и начала XX вв. В исследовании их свойств большую роль сыграла Периодическая система химических элементов, созданная великим русским химиком Д. И. Менделеевым. Она позволила предсказать свойства некоторых неизвестных в то время металлов (галлия, германия, скандия) и способствовала тем самым их открытию.

Исследованиями распространенности редких металлов в земной коре занимались у нас такие крупные ученые, как академики В. И. Вернадский и А. Е. Ферсман.

Освоение редких металлов стало возможным только в результате огромных успехов науки и техники в XX в. В свою очередь, ценные свойства редких металлов способствовали многим интересным открытиям в области физики и химии. Следует иметь в виду, что ряд металлов, объединяемых в группу редких, сейчас имеет настолько широкое и разнообразное применение, что редкими их называют условно. Это прежде всего относится к группе тугоплавких редких металлов (титан, ванадий, вольфрам и др.).

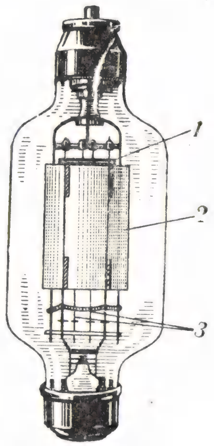
Свойства редких и рассеянных металлов очень разнообразны и необычайно ценны.

В группу редких металлов входят, например, самый легкий из всех известных на Земле металлов — литий и самый тяжелый — уран, самый легкоплавкий — цезий и самый тугоплавкий — вольфрам. Ценные свойства всех редких металлов с каждым годом используются все шире и разнообразнее, и в этом отношении с ними очень трудно соперничать многим металлам других групп, издавна используемым человеком.

Наиболее широко редкие металлы используются в металлургии для получения сплавов, обладающих ценными качествами.

Редкие металлы называют «витаминами» сплавов, их преобразователями. И действительно, добавление редких металлов к стали и другим металлам придает им новые свойства: устойчивость при высоких температурах, упругость, прочность, электропроводность и т. п.

Многие редкие металлы используются в приборостроении, радиотехнике, при автоматизации процессов производства. В этих областях применение редких металлов основано на явлении, называемом фотоэффектом (возникновение электрического тока в результате действия света). Приборы, в которых осуществляется это явление, носят название фотоэлементов. Фотоэффектом обладают металлы цезий, селен, рубидий. Фотоэлементы уже сейчас используются в очень многих областях. В будущем они будут применяться еще шире. Ведь человек с давних пор мечтает непосредственно использовать световую энергию Солнца для своих нужд. Одной из возможностей этого может явиться создание мощной фотоэлектрической машины, основной частью которой будет фотоэлемент из цезия или селена. Фотоэлемент превратит солнечную световую энергию в электрическую, и тогда человечество получит неиссякаемый дешевый источник энергии.

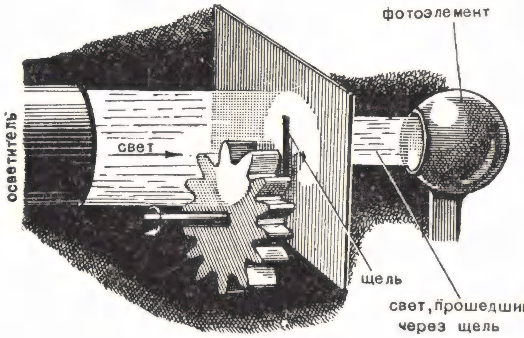


Для изготовления электронной лампы требуются редкие металлы:

1 — на сетку идет молибден; *2* — анод сделан из тантала, ниобия, молибдена и циркония; *3* — катод — из вольфрама; применяются также барий, магний и другие редкие металлы.

Редкие металлы применяются также для изготовления электронных ламп, которые являются основой современной радиотехники (радиоприемников, телевизоров и т. д.). Создать электронную лампу без редких металлов невозможно. Для изготовления электронной лампы необходимы молибден, вольфрам, цирконий, торий, бериллий.

Редкие металлы используются для измерения высоких температур; это производится так



Фотоэлемент помогает проверять качество изготовленных деталей. Если зубья шестеренки неодинаковы, то они при вращении будут неравномерно пропускать свет и фотоэлемент даст неодинаковые сигналы.

называемыми термопарами — приборами, в которых от нагревания проволок из двух разных металлов возникает электрический ток. Чем выше температура нагревания, тем сильнее возникающий ток. В термопарах используется редкий очень тугоплавкий металл рений.

Обыкновенным ртутным термометром можно измерять температуру только до +360°, при которой ртуть начинает закипать. Более высокие температуры можно измерять только с помощью редких металлов в термометрах, сделанных из огнеупорного стекла, при этом ртуть заменяют редким металлом галлием. Он закипает при очень высокой температуре (2300°).

Очень важное применение имеют редкие металлы — ванадий, вольфрам, молибден, бериллий, рений и др. — в химической промышленности в качестве катализаторов (ускорителей химических реакций), где редкие металлы постепенно вытесняют дорогостоящую платину.

В томе 3 ДЭ вы можете познакомиться с так называемыми полупроводниковыми элементами, к ним относятся и некоторые редкие металлы: германий, селен, теллур и др. Их особые электрические свойства позволяют усовершенствовать конструкции многих сложных приборов.

Редкие радиоактивные металлы — сырье для получения атомной энергии.

Но этим не исчерпывается применение редких металлов. Они используются в биологии, а также в медицине. Хотя такие редкие металлы, как радий, уран, торий, лантан, церий, самарий и др., находятся в организмах животных и в растениях в очень незначительных количествах, составляя миллионные доли процента, но без них организмы не могут существовать. В медицине редкие металлы используются для лечения очень многих заболеваний.

Прибавление в почву незначительных долей радия способствует росту многих растений.

Т и т а н относится к группе редких металлов. Между тем, как установлено, это один из самых распространенных металлов в земной коре: он составляет по весу 0,63% ее. Предполагают, что титана содержится в земной коре больше, чем меди, свинца, олова, цинка, никеля и благородных металлов вместе взятых. Открыт он был давно, более полутораста лет назад, в 1795 г., немецким ученым Клапротом. Что же служило препятствием к освоению титана? Химическая активность чистого титана: в процессе производства в расплавленном состоянии он моментально соединяется с кислородом, азотом и углеродом. Титан взаимодействует со всеми известными огнеупорными материалами, из которых сделаны плавильные печи, поэтому-то в чистом виде получать его очень трудно. Для получения титана в чистом виде разработан процесс, который состоит из многих очень сложных операций, требующих большого количества ценных и дорогих материалов.

Дороговизна получения чистого титана долго мешала его широкому использованию промышленностью. Чистый титан обладает исключительно ценным свойством — сочетанием легкости (удельный вес его равен 4,5) с большой прочностью, равной прочности стали. В недалеком будущем в авиации нержавеющая сталь, алюминиевые и магниевые сплавы будут заменены титановыми, так как они прочнее. Титан обладает очень высокой температурой плавления (1725°) и температурой кипения (более 3000°), т. е. он более тугоплавкий, чем сталь. Другое замечательное свойство титана — необычайная стойкость к воздействию сильных кислот и щелочей. Он не разъедается даже такой сильной кислотой, как «царская водка» (смесь соляной и азотной кислот), которая растворяет благородные металлы — золото и платину. Титан не поддается ржавлению, разъеданию под влиянием кислорода воздуха, атмосферной и даже сильно минерализованной морской воды. Это очень ценное антикоррозионное свойство титана позволяет использовать его в строительстве морских судов. Стойкость титана к разъедающему действию морской воды равна стойкости платины.

Титан обладает интересной способностью поглощать кислород и азот из расплавленной стали, что способствует увеличению твердости и прочности сплавов, поэтому он широко применяется в металлургической промышленности.

Из титана делают детали реактивных самолетов, его используют в медицине, в атомной промышленности и во многих других областях.

Но и все остальные редкие металлы не менее важны. Даже ничтожно малые количества рассеянных редких металлов представляют интерес для народного хозяйства. А. Е. Ферсман указывает, что, если в цинковой обманке присутствует хотя бы 0,1% металла индия, она уже не цинковая руда, а индиевая.

Редкоземельные металлы так названы потому, что в природе они встречаются очень редко, а их окислы имеют сходство с окислами некоторых металлов, которые раньше называ-

лись «землями». Значительная часть редкоземельных металлов была открыта во второй половине XIX столетия. Наибольшее распространение из них имеет металл ц е р и й. Физические и химические свойства редкоземельных металлов очень сходны, поэтому долгое время ученым не удавалось разделить их между собой. Это было достигнуто лишь в процессе многократной кристаллизации их растворов. С тех пор редкоземельные металлы перестали быть загадкой. В последние годы удалось выяснить все основные их свойства. В народном хозяйстве редкоземельные металлы с каждым годом используются все больше и больше. Окислы церия, неодима и празеодима применяются для изготовления специальных стекол (цветных и бесцветных).

Известно, какая высокая температура достигается в процессе стекловарения. При изготовлении защитных стекол для стеклодувов широко используется смесь двух таких редкоземельных металлов, как празеодим и неодим.

В металлургии редкоземельные металлы тоже нашли свое применение. Так, добавление церия в сплавы с алюминием и магнием увеличивает сопротивление ржавлению. Сплав церия с железом используется для поглощения газов в электротехнических приборах. Церий идет также на изготовление углей для дуговых ламп в прожекторах.

К группе радиоактивных металлов относятся такие, которые, находясь в природе в очень рассеянном состоянии, обладают еще особым свойством — радиоактивностью, т. е. способностью выделять лучи разной длины; при этом процессе происходит распад ядер атомов одних металлов и превращение их в другие элементы.

Использование явления радиоактивности имеет большое значение для современной науки и техники.

В настоящее время установлено, что из всех известных в природе элементов более 20 обладают свойством радиоактивности (уран, торий, радий, полоний, калий и др.). Наиболее важный из радиоактивных металлов — у р а н. Он был обнаружен в 1789 г. в смоляной руде немецким ученым Клапротом и назван в честь планеты Уран. Свойства урана долго не были известны, соединения его использовали лишь для производства стойких минеральных красок. В 1896 г. французский ученый Беккерель установил радиоактивность урановой руды, а причину ее радиоактивности разгадали ученые Мария Кюри-Склодовская и Пьер Кюри. Они обнаружили в урановой руде новый металл — радий, который обладал чудесным свойством радиоактивности. В 1939 г. удалось расщепить ядро атома урана; при этом выделилось огромное количество энергии.

При расщеплении 1 *Г* урана освобождается энергия, в 50 млн. раз большая, чем при сгорании 1 *Г* угля.

В природе уран находится в небольшом количестве (0,0005% веса земной коры). В чистом виде это мягкий серебристо-белый металл с большим удельным весом — 19. Температура плавления его 1133°, температура кипения 3500°.

Уран применяется во всех атомных котлах как основной источник атомной энергии. В нашей стране атомная энергия используется в мирных целях. Уже построены атомные электростанции, атомный ледокол; атомные установки в недалеком будущем будут использованы на железнодорожном транспорте и во многих отраслях народного хозяйства.

ГДЕ В ПРИРОДЕ ВСТРЕЧАЮТСЯ РЕДКИЕ И РАССЕЯННЫЕ МЕТАЛЛЫ

В природе месторождения редких и рассеянных металлов следует искать в определенных породах, с которыми они бывают связаны единством происхождения. Минералы таких тугоплавких металлов, как бериллий, цирконий, тантал и ниобий, встречаются в магматических глубинных породах (гранитах и нефелиновых сиенитах). Эти минералы встречаются как в самих этих породах, так и в пегматитовых жилах этих пород (см. стр. 96).

Главный минерал, из которого извлекают металлический б е р и л л и й,— б е р и л л. В его составе есть, кроме того, алюминий и кремнезем. Берилл встречается также в различных сланцах (слюдяных, хлоритовых и тальковых). Кристаллы обыкновенного берилла (а не его драгоценных разновидностей) имеют желтовато-зеленый цвет и высокую твердость (от 7,5 до 8). В гранитах, измененных горячими магматическими растворами, берилл встречается вместе с минералами олова, вольфрама и молибдена. Чистый металлический бериллий для промышленности легче получать из другого бериллиевого минерала — ф е н а к и т а, но находки последнего крайне редки.

Минералы, в состав которых входит другой тугоплавкий металл — ц и р к о н и й, встреча-

ются в тех же породах, что и берилл. Цирконий имеет в природе сравнительно большое распространение: в земной коре его больше, чем меди, цинка, олова, свинца, он образует около 120 минералов. Но цирконий извлекается в основном из двух его минералов — циркона и бадделеита. Минерал циркон (соединение циркония с кремнеземом) содержит до 67% окиси циркония. Это обычно мелкие полупрозрачные кристаллы светло-желтого, желтого и коричневого цвета, высокой твердости. Циркон добывается из россыпных месторождений. Интересно, что в цирконе отмечается почти постоянная примесь рассеянного металла гафния (до 4%) и радиоактивного металла тория.

В пегматитовых жилах, в гранитах и нефелиновых сиенитах расположены месторождения колумбита и танталита — основных минералов тугоплавких металлов тантала и ниобия. Эти минералы представляют собой соединения железа, марганца, тантала и ниобия с кислородом. Все минералы, в состав которых входят тантал и ниобий, содержат и редкоземельные металлы.

В иных условиях встречаются такие тугоплавкие металлы, как вольфрам, молибден, титан и ванадий. Минералы, из которых извлекают молибден и вольфрам, встречаются в кварцевых жилах и в рудных зонах, расположенных на границе осадочных пород и гранитов.

Главный минерал, из которого в промышленности получают молибден, — молибденит (соединение молибдена с серой). Он встречается в виде чешуйчатых, пластинчатых и радиально-лучистых очень мягких кристаллов свинцово-серого цвета.

Молибденит очень легко изменяется под влиянием грунтовых, поверхностных вод и кислорода воздуха. В результате образуются вторичные минералы — повеллит и молибденовая охра.

Минерал повеллит представляет собой листоватые слюдистые скопления белого и зеленоватого цвета. Наибольший интерес представляет молибденовая охра, которая имеет тонковолокнистое лучистое строение и желтовато-зеленую окраску.

Когда вам встретятся эти вторичные молибденовые минералы, будьте внимательны: на глубине должна быть неизмененная молибденовая руда.

Главные минералы, из которых извлекают тугоплавкий металл вольфрам, — вольфрамит и шеелит. Вольфрамит представляет собой соединение вольфрама с железом, марганцем и кислородом. Цвет его черный и темно-бурый, он имеет металлический блеск. Чаще всего вольфрамит встречается в кварцевых жилах среди гранитов. Поверхностным изменениям вольфрамит почти не подвергается, разрушается тоже незначительно — вот почему он часто встречается в россыпных месторождениях. Шеелит — соединение вольфрама с кальцием и кислородом. Цвет его белый или нежно-телесный, желтый, блеск жирный, шелковистый; твердость равна 4. Шеелит встречается там же, где и минералы молибдена, — в кварцевых и кварцево-полевошпатовых жилах. Он обладает интересной способностью светиться голубым светом при освещении его ультрафиолетовыми лучами. Это помогает обнаруживать его и в горных выработках и при минералогических исследованиях.

Тугоплавкий металл ванадий встречается в природе как в виде своих минералов—ванадинит, тюямунит и др., — так и в виде примеси в других минералах и горных породах. Ванадинит в своем составе имеет ванадий, свинец, хлор и кислород. Кристаллы его игольчатые, волосовидные, призматические; иногда он встречается и в виде землистых масс. Цвет ванадинита яркий — от соломенно-желтого до оранжевого и красного. Чаще всего ванадинит обнаруживается в местах, где происходит окисление свинцово-цинковых месторождений.

Интересным промышленным минералом ванадия является тюямунит, в составе которого есть ванадий, кальций, уран и кислород. Цвет этого слюдоподобного очень мягкого минерала ярко-канареечно-желтый. Чаще всего тюямунит встречается в известняках. Почти все минералы, содержащие ванадий, характеризуются очень яркими желтыми и красно-бурыми цветами, которые всегда обращают на себя внимание и служат хорошим поисковым признаком. Ванадий обнаружен в остатках окаменелых растений и в телах морских животных (ежей и голотурий). В промышленности ванадий получают также и из руд других металлов, в которых примесь ванадия достигает промышленного содержания. Так, ванадий извлекают из титаномагнетитов, из осадочных железных руд. Он присутствует в апатите, бокситах, а также в золе некоторых углей и нефти.

Известно около 60 минералов титана, главные из которых — рутил, ильменит и титаномагнетит. Кроме того, титан присутствует в виде примесей во многих породообразующих минералах. Большинство наиболее важных

месторождений титана связано с глубинными магматическими породами (габбро и др.). За счет разрушения коренных месторождений титана образуются россыпные месторождения рутила и ильменита. Самая богатая титановая руда — рутил (окись титана). Он содержит 60% чистого титана. Рутил обычно имеет вид очень красивых призматических кристаллов желто-бурой и темно-красной окраски с характерной отчетливой штриховкой граней кристаллов (см. стр. 288—289, табл. 6).

Ильменит, в составе которого, кроме титана, присутствуют железо и кислород, встречается в сплошных массах и в виде тонких табличек. Цвет минерала и его черты железно-черный, чем он и отличается от гематита (у гематита черта вишнево-бурая).

Титаномагнетит представляет собой магнетит, проросший ильменитом. Для титаномагнетита характерно повышенное содержание ванадия; этот минерал разрабатывают для получения не только титана, но также и ванадия и железа.

Легкоплавкие металлы входят в состав минералов, которые в своем подавляющем большинстве встречаются в пегматитовых жилах, расположенных в гранитах.

Наиболее распространенный из всех легкоплавких металлов — литий. Его добывают из сподумена, в состав которого входят, кроме лития, алюминий, кремний и кислород. Сподумен образует призматические кристаллы светло-зеленого и изумрудно-зеленого цвета. Эти кристаллы могут достигать в длину нескольких метров. Цезий и рубидий встречаются чаще всего в рассеянном состоянии, в качестве примесей в розовой разновидности берилла — воробьевите. Именно присутствием цезия объясняют красивую розовую окраску воробьевита.

Цезий образует в природе только один промышленный, но весьма редкий минерал — поллуцит (состоящий из цезия, натрия, алюминия, кремния и кислорода). Обладая чисто белой окраской, поллуцит бывает водянопрозрачен. Он встречается вместе с литиевыми минералами.

Минералы, содержащие легкоплавкие редкие металлы, обычно извлекаются из пегматитовых жил попутно с полевыми шпатами, слюдой и драгоценными камнями.

В природе известно только несколько минералов, образованных рассеянными металлами. К ним относятся соединения теллура с золотом и никелем, германит (мышьяково-сернистое соединение германия, меди и цинка).

В самородном виде из рассеянных металлов встречаются теллур (его содержание в земной коре равно примерно содержанию в ней золота) и селен (встречается очень редко). Последний чаще всего присутствует в небольших количествах в сернистых соединениях свинца и цинка. Вместе с теллуром селен присутствует в темноокрашенных разновидностях цинковой обманки (сфалерит), в небольшом количестве он бывает в сере вулканического происхождения и в медных рудах. Интересно нахождение селена вместе с ураном в черных кремнистых битуминозных сланцах.

В месторождениях свинца и цинка находятся обычно вместе галлий, индий и таллий. Наиболее высокая концентрация галлия отмечается в редком минерале германите. В виде незначительных примесей галлий отмечается в железных и марганцовых рудах осадочного происхождения, в бокситах, в каменных углях, в медистых сланцах. Галлий встречается, так же как и селен, в цинковой обманке, но не в темной, а в светлоокрашенной разновидности. Значит, цвет цинковой обманки может служить поисковым признаком для определения, какой редкий металл находится в ней в качестве примеси. Необходимо знать, что технология извлечения галлия из руд очень сложна; это удорожает получение его в чистом виде. Поэтому стоимость галлия пока выше стоимости золота. Основной источник получения галлия—бокситы, откуда он извлекается попутно с алюминием.

Рассеянный металл германий, кроме германита, содержится в цинковых рудах, примеси его отмечаются в минеральных водах. Наиболее ценно для промышленности присутствие германия в угольных месторождениях. Его извлекают из золы каменного угля.

Редкие рассеянные металлы рений и гафний встречаются крайне редко; гафний присутствует в качестве постоянного спутника в минерале цирконе; рений же в виде примеси очень часто отмечается в молибдените.

Редкоземельные металлы связаны с магматическими породами типа гранитов и нефелиновых сиенитов и с их пегматитами. Они входят в состав некоторых минералов, но чаще встречаются в виде примесей. Наибольший интерес представляют минералы лопарит, монацит, самарскит, пирохлор; в них присутствуют тантал, ниобий и титан. Лопарит имеет вид черных, бурых и красно-бурых кубических кристаллов. У монацита красно-

бурые кристаллы в форме табличек обычно врастают в полевой шпат. Монацит, кроме упомянутых выше пород, встречается и в кварцево-полевошпатовых жилах. Кроме того, он часто образует промышленные скопления в россыпях.

Повышенное содержание металла скандия отмечается в вольфрамите.

Известно более ста природных химических соединений, содержащих уран. Урановые минералы встречаются в гранитах, в пегматитовых и гидротермальных жилах, в различных осадочных породах: углистых и кремнистых сланцах, в песчаниках, известняках и фосфоритах.

Одним из главных промышленных минералов урана является уранинит — окисел урана, в котором присутствуют в качестве примесей торий, свинец и редкоземельные металлы.

Уранинит (или урановая смоляная руда) имеет смоляно-черный цвет, полуметаллический блеск, твердость, равную 6. В результате вторичных поверхностных изменений—окисления урановых руд—образуются так называемые вторичные урановые минералы — торбернит и отунит, относящиеся к группе урановых слюдок. Цвет у них яркий — изумрудно-зеленый или канареечно-желтый. Обе слюдки имеют характерный перламутровый блеск. Именно эти вторичные урановые минералы встречает чаще всего геолог. На них нужно обращать особое внимание, зная, что они часто свидетельствуют о наличии на глубине богатых урановых руд.

КАК ПРОИЗВОДЯТ ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

После того как научились использовать колоссальную энергию, которую таит в себе уран, он стал металлом первостепенной важности. На всем земном шаре все государства производят обследования своих недр с целью обнаружения урановых руд. За последние годы во всем мире, в том числе и в Советском Союзе, открыто много новых крупных месторождений урана. Но ведь уран находится в земной коре в небольших количествах и часто в сравнительно рассеянном состоянии. Каким же образом удается успешно проводить поиски этого необычайно важного металла? Здесь приходит на помощь способность урановых руд к самопроизвольному радиоактивному излучению. Ученые и инженеры изобрели целую серию таких приборов, которые измеряют силу этого излучения. Теперь у геологов и геофизиков появилась возможность не только зорко смотреть и оценивать то, что они видят на поверхности, но и внимательно «прослушивать» верхнюю часть земной коры, определяя прибором, где есть выходы урановых руд. Этот прибор называется полевым радиометром, он неотлучный спутник геолога.

Как по свойству магнитности находят огромные месторождения железных руд, так и радиоактивность позволяет находить урановые руды там, где порой и не предполагали их существования.

Теперь при поисках урановых руд используют самолеты. Воздушный разведчик может быстро обшарить огромные площади, выявив среди них наиболее благоприятные (как и при поисках магнитных руд). Но при поисках урановых руд вместо компаса на самолете устанавливаются мощные приборы — так называемые счетчики Гейгера — Мюллера, с помощью которых и удается прослушать огромные пространства.

Вот с этого и начинаются поиски урана. Когда самолет пролетает над исследуемым районом, прибор не только чувствует малейшее повышение радиоактивного излучения, но, снабженный специальным устройством, он сам записывает величину этого излучения. А когда посчастливится пролетать над скоплением урановой руды в глубине земли, на фоне спокойной записи прибора появится пик. Будет зафиксирована так называемая урановая аномалия.

Для контрольной проверки производятся повторные полеты. Затем уже составляется специальная карта замеченных урановых аномалий. В последнее

На груди геолога полевой радиометр со щупом. Внутри щупа счетчик Гейгера—Мюллера. Надев наушники и водя щупом по породе, геолог слышит щелчки, которые издает прибор, а стрелка показывает силу радиоактивного излучения.

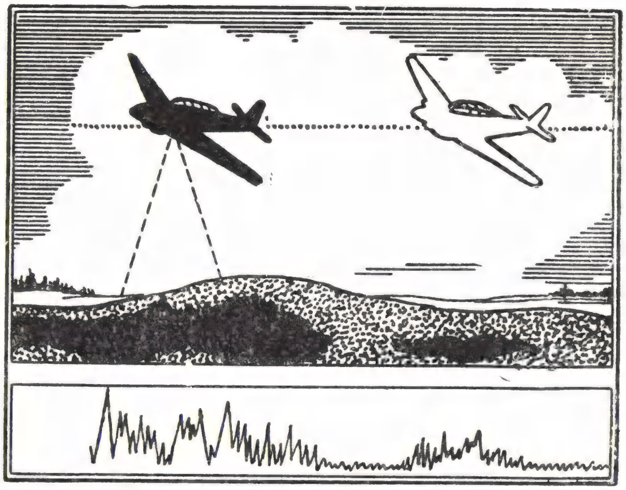
время для поисков урана с воздуха успешно используются вертолеты, снабженные теми же приборами. Часто вертолет летает в тех местах, где самолетом уже была обнаружена урановая аномалия. Делается это потому, что самолет при поисках летит со скоростью 100 *км/час.* В связи с этим получаются некоторые неточности в определении места аномалии. Точка на составленной карте будет соответствовать на местности большой площади. Вертолет, зафиксировав аномалию, может остановиться в воздухе и уточнить местоположение.

На этом работа воздушных разведчиков заканчивается. Наземный отряд геологов, получив карту, уже знает, где надо искать урановую руду. Если позволяет рельеф, например в степных районах, геологи объезжают площадь на автомашинах, также снабженных радиометрами. Составляется наземная карта с отметками повышенной радиоактивности, и площадь, где следует искать урановую руду, становится все более и более определенной. После этого геологи могут отправляться в свои маршруты.

Вооруженные удобными полевыми радиометрами, геологи и геофизики внимательно прослушивают все те породы, в которых могут быть урановые минералы.

Геолог не просто механически фиксирует, где есть аномалия, а учитывает ряд особых признаков, свидетельствующих о наличии урана. Обычно там, где концентрируется уран в гранитах, наблюдается их раздробленность, сильное изменение в результате воздействия подземных гидротермальных растворов: обеление гранитов за счет образования слюды и каолинита и окварцевание их. Часто отмечается покраснение пород, вмещающих урановые рудные жилы, что связано с наличием в них тончайшей вкрапленности гематита — почти постоянного спутника урановых руд. Геолог наносит на свою карту все точки с повышенной радиоактивностью, а затем строит такие карты, по которым можно определить места с наибольшей активностью. Именно в этих местах целесообразнее всего искать руду на глубине.

Кроме того, проводятся так называемые гидрогеологические исследования грунтовых вод, родников с целью определения в них содержания урана: омывая урановое месторождение, грунтовые воды частично растворяют в себе уран, обогащаясь им. Чем выше концентрация урана в воде, тем ближе расположено и тем больших размеров урановое месторождение. Проводя свои поиски, геолог учитывает и эти факты.



Геологическая разведка с самолета. Когда самолет летит над месторождением урановых руд, самописец вычерчивает на ленте радиометра кривую. «Нащупав» месторождение, геологи продолжают разведку на земле.

Очень интересен совсем молодой способ поисков — геоботанический. Он основан на том, что растения способны поглощать и концентрировать радиоактивные элементы. Определяя процентное содержание урана в золе растений, выявляют площади, где урана в растениях находится наибольшее количество. Кроме того, существуют растения, которые служат своего рода указателями наличия уранового оруденения. Так, два определенных вида астрагала (травы и кустарники из семейства бобовых) и один вид лебеды произрастают на почве, богатой ураном. Если геолог встретит эти растения в маршруте, он не должен проходить мимо: здесь, может быть, на глубине лежит урановая руда. На выявленных площадях производят бурение скважин.

* * *

Если рассмотреть в хронологической последовательности открытие свойств редких металлов и их применение, то видно как каждый редкий металл делал переворот в той или иной области науки или техники; поэтому редкие металлы называют «металлами будущего», «металлами прогресса». Теперь вам будет понятно, почему в семилетнем плане развития нашего хозяйства намечено значительное увеличение производства редких металлов и расширение геолого-разведочных работ для обеспечения промышленности минеральным сырьем.

БЛАГОРОДНЫЕ И ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Золото, платину и серебро называют благородными металлами. Это очень стойкие металлы: они не растворяются в большинстве кислот и щелочей и не соединяются с кислородом воздуха. Поэтому предметы, сделанные из этих металлов, сохраняют свой вид и блеск в течение многих тысячелетий. Из благородных металлов, особенно из золота и серебра, издавна чеканили монету, изготовляли украшения. В природе встречаются самородные золото, платина, а иногда и серебро.

Золото с древних времен у народов с высоко развитой культурой использовалось для выделки украшений и для обмена. В Китае, вероятно, более 4000 лет назад чеканили золотую монету, которую называли «ну» или «таго».

На золото наша страна покупает нужные ей товары в других странах. Золото употребляется для изготовления точных приборов, для украшений, в фотографии.

Медь, свинец, цинк, олово, никель, алюминий и магний составляют группу цветных металлов. Цветные металлы встречаются в природе в виде разнообразных минералов — природных химических соединений с серой, кислородом и другими элементами, образующими руды.

В глубокой древности человек не умел извлекать металлы из руд; позже он научился пользоваться медью — очень мягким металлом, который встречается в природе не только в минералах сложного состава, но и в чистом, самородном виде. Именно поэтому после каменного века в истории человечества наступил век, когда орудия труда и оружие стали изготовлять главным образом из бронзы [1]. На Урале, в среднеазиатских республиках и на Алтае еще сохранились многочисленные древние (медные и оловянные) рудники. В них и сейчас нередко находят медные и бронзовые инструменты, при помощи которых старинные рудокопы 3500—5000 лет назад добывали руды.

[1] Бронза — сплав меди с оловом, иногда с цинком или свинцом.

Присмотритесь к устройству любой современной машины, и вы легко убедитесь, что из цветных металлов сделаны самые необходимые, самые сложные части машин. В моторах автомобиля, трактора, комбайна, танка и самолета очень важную роль играют подшипники — кольца, в которых вращаются валы машин. Чтобы стальной вал вертелся в подшипнике с минимальным трением, металл подшипника должен быть мягче стали. Поэтому для подшипников применяют сплавы олова, сурьмы, свинца, а в некоторых случаях цинка и др.

Магнето — это маленькие динамо-машины, присоединенные к моторам автомобилей, самолетов и другим бензиновым двигателям. Магнето вырабатывают электрический ток и по-

Бронзовые боевые секиры с гравированным орнаментом.

Бронзовый ритон (ритуальный питьевой рог) с головкой козла на конце и с гравированным орнаментом на наружной поверхности (змеи, хищники, птицы, двуголовые звери). Примерно VIII в. до н. э.

БЛАГОРОДНЫЕ И ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

1 — касситерит; 2 — золото в кварце; 3 — халькопирит; 4 — карналлит с сильвинитом; 5 — никелин; 6 — кварцевая жила с оторочкой жильбертита и вольфрамитом; 7 — церуссит в лимоните; 8 — боксит.

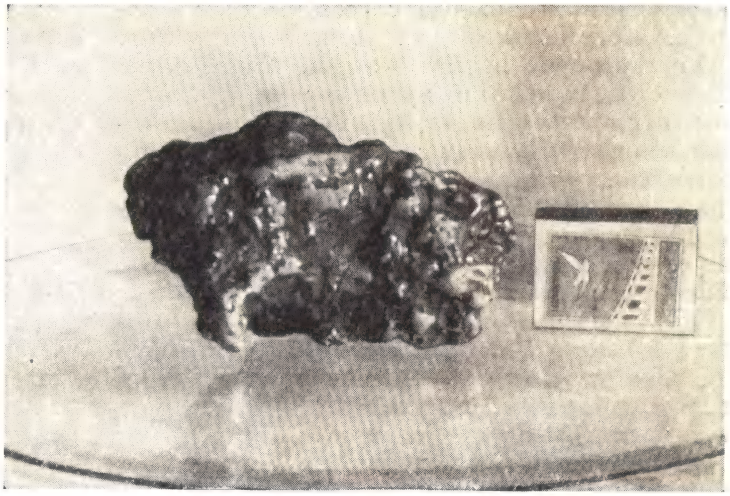
ДРЕВНИЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

1 — серебряная амфора с позолотой из Чертомлыцкого кургана середины IV в. до н. э.; 2 — золотые нашивные бляшки в виде бычков, львов и оленей из Новочеркасского кургана I в. до н. э.; 3 — литой массивный бычок из золота (Майкопский курган, около 2000 лет до н. э.); 4 — золотая обивка налучья из Чертомлыцкого кургана середины IV в. до н. э. Изображены сцены из греческой мифологии.

сылают его по медным проводам в цилиндры мотора, где электрическая искра взрывает бензиновые пары и этим приводит мотор в движение. Поэтому магнето называют «сердцем» машины, а это «сердце» в значительной части состоит из обмотки тонкой медной проволоки.

В моторах другой конструкции, а также на подводных лодках ток дают аккумуляторы, которые представляют собой свинцовые пластины, погруженные в раствор серной кислоты.

Из платины делают лабораторные сосуды — тигли, в которых можно расплавить большинство известных веществ. Платина очень тугоплавка: температура ее плавления 1773°. Цинком покрывают железо, предохраняя его от ржавчины. Алюминий, один из самых легких металлов, употребляется в самолетостроении; в последнее время такое же применение получил магний.



Самородок золота весом около 1800 граммов.

Цветные и благородные металлы широко используются в технике, строительстве и в лабораториях. Вот почему в семилетнем плане развития народного хозяйства СССР предусмотрено значительное развитие цветной металлургии в районах Казахстана, Средней Азии, Урала, Забайкалья на богатых месторождениях руд цветных металлов.

В 1965 г. предусматривается увеличение производства алюминия по сравнению с 1958 г. примерно в 3 раза, меди в 1,9 раза и т. д.

Если сделать очень точный химический анализ любой горной породы — гранита, песчаника, сланца,— то окажется, что в состав их в ничтожных количествах входят почти все известные нам элементы, в том числе золото, медь, цинк, свинец и т. д. Даже в морской воде содержится золото, в среднем около 4 *мГ* на 1 *Т* воды, а общее количество золота, растворенного во всех океанах, составляет около 10 млрд. *Т*. Однако при таком распыленном состоянии (рассеянии в породах или в морской воде) цветные и благородные металлы невыгодно извлекать.

Но в природе существуют физические и химические процессы, приводящие к тому, что в некоторых особенно благоприятных местах накапливаются ранее распыленные металлы и образуются м е с т о р о ж д е н и я руд цветных и благородных металлов.

Золото, платина и некоторые другие металлы встречаются в виде к о р е н н ы х м е с т о р о ж д е н и й и р о с с ы п е й. Коренные месторождения (рудные жилы) образуются среди глубинных пород, а россыпи — в поверхностных частях земной коры, вследствие постепенного разрушения глубинных пород.

Как образуется россыпь? Представьте себе, что среди гранитных пород в каком-либо месте рассеяны маленькие зернышки золота. Вода, ветер, морозы разрушают гранит, и он постепенно распадается на отдельные составляющие его минералы: кварц, полевые шпаты и слюды или роговую обманку. В дальнейшем из обломков этих минералов образуется песок и глина. Среди этого песка окажутся и зернышки золота. Песчинки кварца и частички глин гораздо легче крупинок золота, поэтому их уносят струйки воды и ветер, а тяжелые золотинки накапливаются на месте. Так мало-помалу образуется россыпное месторождение.

Россыпные месторождения дают все химически стойкие минералы, т. е. не соединяющиеся с водой и кислородом воздуха, и более тяжелые, чем обычные минералы горных пород. Поэтому в россыпях находят, кроме золота, платину, оловянный камень и некоторые другие полезные минералы.

З о л о т о — блестящий, очень тяжелый металл, замечательный своими свойствами и красивым ярко-желтым цветом. Его удельный вес 19,3. Золото очень мягко и наиболее ковко из всех металлов. Из него можно изготовлять тончайшие листочки (фольгу), толщиной всего лишь в 0,0002 *мм*. Такие тонкие листочки просвечивают зеленоватым цветом. Наиболее рас-

пространено в природе самородное золото. Кристаллы золота встречаются редко. Обычная форма золота — зерна, пластинки и ветвистые, похожие на кусты дендриты. Иногда золото встречается в соединении с мало распространенным элементом теллуром. Очень часто самородное золото встречается в виде тончайших вкраплений в других минералах, например в кварце, в пирите. Для того чтобы обнаружить такое тонко вкрапленное золото, минералы изучают под микроскопом.

В Советском Союзе месторождениями золота богаты Урал, Казахстан, Сибирь и Дальний Восток. На Урале, например, недавно был найден самородок золота в 36 *кГ* и больше двадцати самородков от 1 до 25 *кГ*.

Золото стало известно человеку очень давно. В восточных странах широко применялся такой способ добычи золота из песка в реках: на дно реки опускали бараньи шкуры, в которых золотинки и задерживались, потому что они тяжелее песчинок в 6—7 раз.

В настоящее время золото из речного песка добывается при помощи усовершенствованных машин — драг. Драга — это целый плавучий завод. Она похожа на землечерпалку, которой расчищают и углубляют речное дно. Драга поднимает песок с речного дна черпаками, укрепленными на бесконечной цепи. После сортировки и отделения валунов песок поступает на шлюз (наклонный широкий желоб с поперечными планками на дне), где промывается в струе воды. Тяжелые золотинки задерживаются у планок, легкие песчинки смываются водяной струей. Таким способом золото отделяется от песка.

Кроме россыпного золота, находят рудное золото в кварцевых жилах и в горных породах. Золотоносный кварц добывают в шахтах; затем он поступает на специальные золотоизвлекательные фабрики, где его дробят, чтобы освободить крупинки золота из породы. Затем из полученного тонко измельченного материала путем применения химических реактивов извлекается золото.

Платина — металл серебряно-белого цвета, еще более тяжелый, чем золото (его удельный вес 21,45). Платина была очень давно известна индейцам Южной Америки, которые добывали ее из россыпей на территории современной Колумбии. В Европе впервые о платине узнали от испанских завоевателей в XVII в. Испанцы жадно искали золото и серебро в своих заокеанских колониях — в Центральной и Южной Америке. Не зная замечательных свойств платины, испанские завоеватели считали себя обманутыми, когда вместо золота и серебра в россыпях им попадалась платина. Название «платина» в переводе с испанского означает «серебришко». Испанцы выбрасывали платину в море с кораблей, вывозивших золото и серебро из Америки в Европу. Теперь платина ценится даже выше золота.

В природе платина встречается преимущественно в виде минерала — самородной платины, содержащей примеси дорогих, редко встречающихся металлов — палладия, осмия, иридия, родия и рутения. Платина встречается в виде мелких зерен, но попадаются и самородки. Изредка встречаются самородки весом 8—9 *кГ*. Несколько таких самородков было найдено на Среднем Урале в районе Тагила.

Плавучая фабрика-драга добывает золото.

Важные месторождения платины в СССР находятся на Урале, где платину добывают из россыпей, в которые она попадает из горных пород темного, зеленовато-черного цвета, называемых дунитами. Дуниты состоят почти целиком из минерала оливина и образуются при остывании и кристаллизации магмы особого состава (см. стр. 91—92).

С е р е б р о — металл характерного серебряно-белого цвета, с удельным весом около 10,5, менее ценный, чем золото и платина. Около половины добываемого серебра раньше шло на чеканку монет. Теперь из серебра изготовляют химические реактивы, посуду и украшения. Фотография и киносъемка основаны на замечательном свойстве солей серебра — светочувствительности: на свету они темнеют. Бромистое серебро содержится в желатиновом слое, которым покрывают фотопластинки и кинопленку.

Древнеперсидское серебряное блюдо.

Серебро употребляется также при изготовлении зеркал. Если азотнокислую соль серебра поместить на стекло и прибавить к ней небольшое количество водного раствора виноградного сахара, серебро выделится из раствора и осядет на стекле тончайшей пленкой; так делают зеркала.

В отличие от золота и платины серебро в природе редко встречается в самородном виде. Обычно его находят в виде соединений с серой (минерал аргентит), сурьмой, мышьяком. Минералы серебра чаще всего встречаются вместе с минералами свинца (обычно с галенитом), поэтому серебро в настоящее время главным образом получается при плавке свинцовых руд.

В Советском Союзе особенно богаты серебряными рудами горы Алтая и Забайкалья. Алтайское серебро начали добывать давно, еще в начале XVIII в.

М е д ь — металл красновато-желтого цвета, с удельным весом около 9. Медь широко применяется в электротехнике, потому что она проводит электрический ток в 10 раз лучше, чем, например, железо. В природе медь встречается главным образом в виде минерала м е д н о г о к о л ч е д а н а, или х а л ь к о п и р и т а, имеющего красивый золотисто-желтый цвет. Чтобы получить медь, необходимо отделить халькопирит от пирита, кварца, кусочков пустой породы, или, как говорят, обогатить руду, т. е. получить богатый халькопиритом концентрат. Полученный концентрат подвергают обжигу в особых печах. Медь можно добывать также из п и р и т а, или с е р н о г о к о л ч е д а н а, если он содержит примесь халькопирита. Пирит представляет собой соединение железа с серой, но иногда в нем присутствуют, кроме меди, и другие металлы (золото, никель, кобальт).

Медный котел (около V—IV вв. до н. э.).

На породах, содержащих медь, бывают налеты и натеки красивого ярко-зеленого цвета — м а л а х и т — и синего цвета — а з у р и т. Малахит встречается также в виде почковидных и гроздьевидных скоплений изумрудно-зеленого цвета с шелковистым блеском. Это очень красивый поделочный материал, из которого уральские мастера-художники делают вазы, шкатулки и различные украшения. Малахит и азурит образуются из медного колчедана в результате окисления меди под действием грунтовых вод, содержащих углекислый газ и кислород. Крупные месторождения малахита известны на Урале.

С в и н е ц — темно-серый блестящий металл, мягкий и ковкий, с удельным весом 11,3 и низкой температурой плавления — всего 327°,4; он плавится даже в пламени свечи. Свинец широко применяется для различных целей. Свинцом обматываются («бронируются») электрические кабели, закапываемые в землю или опускаемые на морское дно, чтобы предохранить их от разъедающего действия воды. Свинец применяется в аккумуляторах, в свинцовых сплавах, для изготовления разной химической аппаратуры.

Свинец обычно встречается в виде двух главных рудных минералов — свинцового блеска, или галенита, и церуссита. Церуссит образуется близ земной поверхности: это измененный, окисленный галенит. Как правило, вместе со свинцом в рудных месторождениях встречаются цинковые минералы — цинковая обманка, или сфалерит, и окисленные цинковые руды.

Довольно часто совместно с цинковыми и свинцовыми минералами в одном и том же рудном месторождении встречаются халькопирит, золото, серебро и пирит. Поэтому такие руды называются полиметаллическими («поли» по-гречески — много).

В Советском Союзе полиметаллические месторождения известны на Алтае, Кавказе, в Казахстане, в Приморье. Одно из таких крупных месторождений — Лениногорское на Алтае. Оно было открыто еще в 1786 г. поисковой партией «рудознатца» Риддера по следам доисторических разработок. Первоначально месторождение называлось Риддерским и было личной собственностью русского царя. Оно разрабатывалось хищнически: добывались лишь наиболее богатые серебром легкоплавкие руды, так как полиметаллические руды, залегавшие глубже, обрабатывать было труднее. Перед Октябрьской революцией Риддерское месторождение было сдано для разработки иностранным капиталистам, но они тоже не организовали правильной добычи руд и выплавки свинца. Эти полиметаллические руды трудно использовать потому, что они представляют собой очень тонкую смесь галенита, сфалерита, халькопирита и золота. Чтобы успешно отделить друг от друга эти разнообразные минералы, надо раздробить руду, а затем подвергнуть ее очень сложной обработке. Советские инженеры сумели разрешить эту нелегкую задачу.

Из других цветных металлов большое значение в промышленности имеют цинк и различные сплавы с ним.

Цинк — синевато-белый блестящий металл с удельным весом 7,1. У цинка есть замечательное свойство — образовывать в расплавленном состоянии химические соединения с железом. Этим качеством цинка широко пользуются, покрывая цинковым слоем железо, которое таким образом защищается от окисления (ржавчины). Главная масса цинка употребляется на оцинкование листового железа. Довольно большое количество цинка применяется также для получения сплавов его с медью (латунь), с оловом и медью (бронза). Из сплава цинка с медью и никелем (мельхиора) изготовляются красивые художественные изделия: столовые приборы, вазы. В природе цинк обычно находится вместе со свинцовыми минералами в полиметаллических месторождениях.

Чтобы получить цинк, цинковые руды, так же как и свинцовые, подвергают обогащению. Затем цинковый концентрат обжигают и полученную окись цинка прокаливают с углем. Кислород соединяется с углем, и таким образом выделяется металлический цинк.

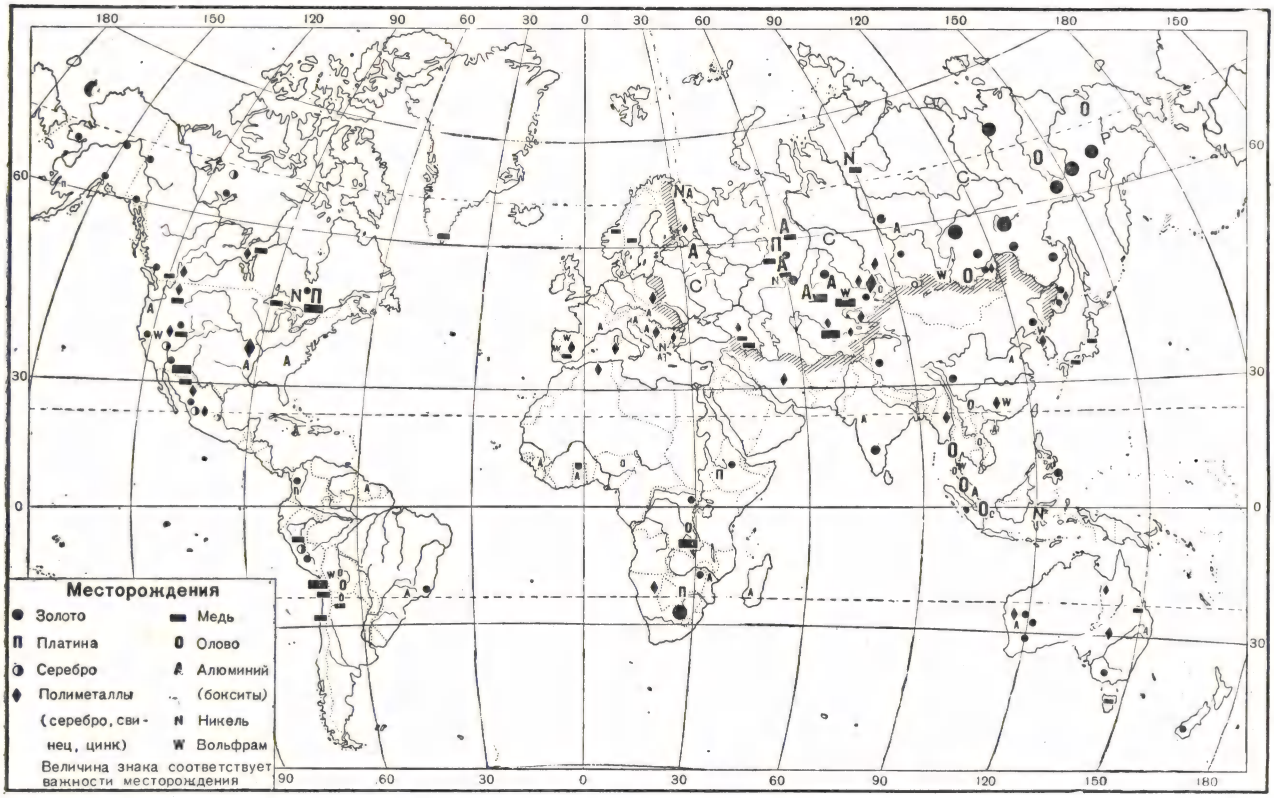
Олово — мягкий серебристо-белый металл с удельным весом 7, очень легкоплавкий. Его температура плавления только 232°. Имеется и другая разновидность олова — серое олово, легко рассыпающееся в порошок. Металлическое олово переходит в кристаллическое серое олово главным образом при температуре ниже минус 50°. Замечено, что и при обычной температуре достаточно прикоснуться серым оловом к металлическому, как последнее довольно быстро превращается в серый порошок. Это явление названо «оловянной чумой». В старые времена, когда была широко распространена оловянная посуда, как например в Европе, «оловянная чума» приносила большие неприятности, разрушая кухонную и столовую посуду.

Бронза — сплав меди с оловом и цинком — содержит от 5 до 20% олова. Археологи, изучающие древнюю историю, нашли бронзу на берегу Нила в могильниках, которым насчитывается около 6000 лет. Очень много бронзовых изделий найдено у нас на территории Казахстана, Украины, Забайкалья. На территории СССР древние рудники на оловоносных жилах в Калбинских горах Казахстана существовали примерно 3500 лет назад.

Больше всего олова идет на изготовление жести и разнообразных сплавов для подшипников машин, типографского металла.

Если опустить лист железа в расплавленное олово, то он покроется тончайшей оловянной пленкой. Так, например, изготовляют жесть для консервных банок. Олово не соединяется с кислородом воздуха и с водой, поэтому оловянная пленка предохраняет железо от ржавчины.

В природе олово встречается в виде минерала касситерита, или оловянного камня. Касситерит — бурый, часто почти черный минерал. Блеск алмазный, в изломе минерала — смоляной, слегка жирный. Особенность касситерита — его химическая стойкость:



Карта месторождений благородных и цветных металлов.

он не соединяется ни с водой, ни с кислородом воздуха. Поэтому касситерит встречается в природе не только в кварцевых и пегматитовых жилах (см. стр. 96), но и в россыпях, попадая туда при разрушении жил. Металлическое олово получают, расплавляя касситерит в особых печах.

Никель — серебристый металл с удельным весом 8,9—хорошо полируется и сохраняет красивый металлический блеск на воздухе и в воде. Замечательным свойством никеля является его способность придавать стали бóльшую прочность. Добавление 2—5% никеля к стали делает сталь более крепкой и вязкой, поэтому из никелевой стали изготовляют наиболее важные части машин, самолетных и автомобильных моторов, а также броню кораблей и танков.

Из сплава меди (75%) и никеля (25%) изготовляется разменная монета. Нихром — сплав никеля с металлом хромом — обладает очень большим сопротивлением электрическому току и при этом быстро нагревается (до 500—1000°). Поэтому из нихрома делают спирали для нагревательных (плиты, утюги) и технических приборов.

Никель в форме сплава с медью («белая медь») находят в древних городищах Средней Азии и Китая. В чистом виде никель был открыт только 200 лет назад, а применять его в промышленности стали совсем недавно.

Раньше, когда не умели выделять никель из руд других металлов — меди, свинца, серебра,— он доставлял много хлопот. Средневековые саксонские рудокопы встречали среди руд красноватый минерал, похожий по цвету на медь. Однако меди получить из него не удавалось, кроме того, при нагревании руды в плавильных печах выделялись ядовитые мышьяковые газы. Поэтому минерал этот получил у суеверных людей название «медного дьявола» («купфер-никель») по имени Ника — злого духа гор. Отсюда произошло в дальнейшем само название металла — «никель». В природе никель встречается чаще всего в виде минералов, представляющих собой соединения никеля с серой.

Алюминий — серебристо-белый металл, замечательный своим легким весом: его удельный вес — 2,7, т. е. он почти в восемь раз легче платины. Этот металл широко распространен в земной коре. Очень многие горные породы имеют в своем составе алюминий. В чистом виде алюминий недостаточно прочен, и, чтобы придать ему необходимую крепость, его сплавляют с медью, марганцем, кремнием. Важнейшим алюминиевым сплавом является дюралюминий, в котором, кроме алюминия, содержится 6—8% меди, кремния и магния. Такой сплав алюминия очень легок (удельный вес 2,8) и почти так же прочен, как сталь. Из этого сплава изготовляют самолеты и разные важные части машин, которые должны иметь небольшой вес и большую прочность.

Главная алюминиевая руда, боксит,— землистая или плотная порода красного, розового или даже белого цвета, часто похожая на глину. От обычной глины боксит отличается тем, что он не образует с водой вязкой, пластичной массы. Известный советский ученый, акад. А. Д. Архангельский предполагает, что бокситы образуются в некоторых случаях на дне неглубоких морских заливов и в озерах, выпадая из воды в виде химического осадка.

В Советском Союзе большие месторождения бокситов имеются на Урале и в Сибири. Одно из уральских месторождений называется «Красная шапочка». Назвали его так за красивый красно-бурый цвет бокситов, залегающих в форме пласта среди известняков.

Магний — серебристо-белый ковкий металл с удельным весом 1,75. Порошок магния сгорает ослепительно ярким пламенем, развивая огромную температуру — около 3000°. Самое главное применение магния — производство очень легких сплавов с удельным весом всего лишь около 1,8. Если мы вспомним, что даже легкие алюминиевые сплавы имеют удельный вес 2,8, то нам станет ясно, насколько важны магниевые сплавы для самолетостроения.

Главные минералы, содержащие магний,— магнезит и карналлит. В последнее время магний извлекают также из солей морской воды и из доломита. Морская вода содержит в среднем 0,14% магния в виде соединения его с хлором. Из доломита магний выделяют в особых плотно закрытых электрических печах в атмосфере азота (чтобы магний не загорелся).

Магний выделяется и, улетучиваясь, оседает в особых холодильниках в виде серебристых кристаллов.

Многие из вас участвуют в краеведческих кружках, изучают богатства родного края, помогают искать месторождения полезных ископаемых.

Какие же признаки указывают на месторождения руд благородных и цветных металлов? Во-первых, обломки кварца, который часто сопровождает руды; в нем надо искать зернышки минералов с металлическим блеском. Наиболее часто в кварце встречается золотисто-желтый минерал — пирит — в виде кристаллов кубической формы. Неопытные люди могут принять его за золото. Однако ошибку эту обнаружить очень легко. Твердость пирита весьма высокая, и лезвие от обыкновенной безопасной бритвы не оставляет на этом минерале следа, тогда как на золоте будет глубокая царапина. Сам по себе пирит представляет ценность только тогда, когда встречается в большом количестве. Он идет на приготовление серной кислоты. Все же на отдельные его зерна следует обратить внимание, так как они как бы дают нам сигнал, что при более внимательных поисках, возможно, обнаружится что-нибудь более ценное. Например, в кварце могут оказаться серебристые зернышки свинцового блеска (галенита), золотистые — медного колчедана (халькопирита) или коричневатые и медово-желтые зернышки цинковой обманки (сфалерита). Такая находка очень интересна, и о ней следует сообщить в местный краеведческий музей. Она может иметь и практический интерес.

Изредка можно встретить в кварце и золото. Определить его можно так: зернышко минерала, похожего на золото, надо поместить на стекло и капнуть на него азотной кислотой. На золото кислота влиять не будет. Если же через некоторое время из минерала начнут выделяться пузырьки газа и жидкость приобретет зеленый оттенок, значит, минерал представляет собой какую-то медную руду, скорее всего халькопирит, но не золото. Прокаливание тоже не изменяет золота, а пирит и халькопирит почернеют от огня.

Второй признак возможного месторождения руд цветных или благородных металлов — значительные скопления бурых железняков среди горных пород. Бурые железняки — это минералы бурого, темно-коричневого и желтоватого цвета, образующие корковые, натечные, пористые или землистые массы. Бурые железняки образуются на земной поверхности при соединении с кислородом воздуха и водой таких рудных минералов, как пирит и халькопирит, содержащие в своем составе железо. **Дру-**

гие элементы (сера и медь) вытесняются кислородом и водой, которые становятся на их место. Следовательно, если вы найдете в горах большие скопления бурых железняков, вы можете помочь геологу отыскать под коркой этих бурых железняков пирит, халькопирит и другие рудные минералы, а порой и золото. Под покровом некрасивых и кажущихся мало интересными бурых железняков могут скрываться месторождения ценных цветных металлов.

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Часто в разговорах с ребятами, недостаточно знакомыми с различными видами полезных ископаемых, мне[1] приходилось слышать, что «главные» ископаемые — это руды, из которых извлекают различные металлы, а неметаллические ископаемые имеют лишь второстепенное значение.

Бесспорно, что мы не можем представить себе жизнь без металлов: без вольфрамовых нитей накаливания в электролампах, без чугуна и стали для станков, комбайнов, паровозов, подъемных кранов и т. п. Но наша жизнь невозможна и без неметаллических ископаемых. Присмотревшись внимательно, не трудно увидеть, что эти скромные друзья окружают нас всюду.

Совершим прогулку по своей комнате и посмотрим, что сделано из неметаллических ископаемых. Начинается день с утреннего туалета. Что представляет собой зубной порошок? Тонко измельченную горную породу — мел — с примесью ароматических веществ.

Посмотрите на стол, накрытый для завтрака. Из чего сделаны фарфоровые чашки? Из особого сорта глины — каолина. А фаянсовые тарелки? Также из глины, но уже другого сорта. Стаканы и бутылки сделаны из кварца, полевых шпатов, минерала мирабилита. Белая фаянсовая розетка штепселя у стола сделана из сплава кварца, полевого шпата и других минералов. В эмаль посуды входит минерал флюорит (см. стр. 288—289, табл. 3).

[1] Автор статьи — В. И. Соболевский.

Каолин и фарфоровая статуэтка.

Но мы забыли про хлеб! Ведь наши колхозы и совхозы используют удобрения для полей, часто весьма сложного состава — из фосфоритов, апатита, калийных солей, а также из различных соединений азота, которые получают из воздуха. Когда в специальных установках пропускают через воздух мощные электрические искры, то азот и кислород соединяются. При этом образуются различные так называемые о к и с л ы а з о т а; им находят разнообразное применение, в том числе они нужны и для производства удобрений. Кроме того, сельскому хозяйству необходимы яды для уничтожения вредителей: клещей, амбарных жучков, домовых мышей, полевок и т. п. Эти яды изготовляют также из неметаллических ископаемых: флюорита, соединений элемента таллия, извлекаемого из пирита, и т. д.

Теперь отправимся в школу. Вот мы вошли в класс. У доски лежит мел, на партах — тетради. Если рассмотреть под микроскопом бумагу, из которой сделана тетрадь, то можно увидеть, что она имеет вид войлока. Чтобы сделать ее ровной, гладкой, оказалось необходимым наполнить промежутки между волокнами этого «войлока» тончайшим порошком мела, талька, барита, каолина. Поэтому такие вещества и называются н а п о л н и т е л я м и. К ним относятся различные сорта глин, охр, графитов и т. д.

В чернильницы налиты чернила. Их сделали из продуктов переработки каменного угля. Эти продукты имеют вид и запах дегтя, а из них изготовляют духи, анилиновые краски всех цветов радуги,

приторно-сладкий сахарин, сильно действующие взрывчатые вещества, самые разнообразные лекарства и многие, многие другие химические соединения.

Наша классная комната отделана красиво: потолок побелен, стены, окна и двери окрашены. Сделано это с помощью неметаллических ископаемых: мела, гипса, охры и т. д. Наконец, ведь само здание школы, его стены, фундамент сложены из кирпичей, т. е. из обожженных брусков глины, одного из важнейших неметаллических ископаемых.

Кристаллы полевого шпата ортоклаза, используемого в фарфоровом производстве.

Попробуйте продолжить это интересное путешествие по дому, улице, городу — и всюду вы будете встречать неметаллические ископаемые.

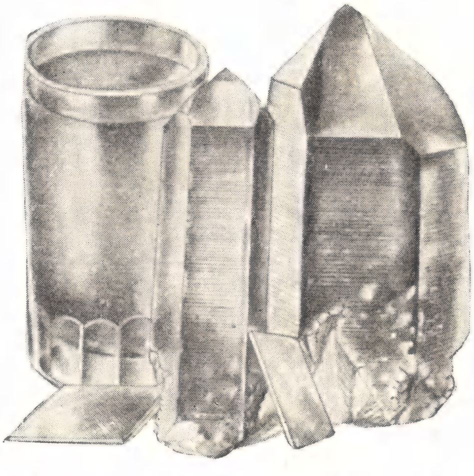
К таким ископаемым относится больше 300 различных минералов и горных пород, нужных многим десяткам различных отраслей промышленности и сельского хозяйства Советского Союза.

Широко использует неметаллические ископаемые химическая промышленность. Сырьем для нее служат апатит, фосфориты, каменная и калийные соли, сера, пирит, флюорит и т. д. Сотни тысяч тонн неметаллических ископаемых ежегодно потребляют стекольная и керамическая промышленность (изготовляющая фарфоровые и фаянсовые изделия). Они используют кварцевый песок, глины различных сортов, полевой шпат, флюорит, мирабилит и т. п.

Среди неметаллических ископаемых немало ценных шлифующих материалов. Вспомните, что почти все отливки из чугуна, стали, меди и все поковки должны быть отшлифованы, отполированы, прежде чем их можно применить в деле. Без шлифующих веществ невозможна точная пригонка ни поршней в цилиндрах моторов, ни частей часового механизма, ни любых других металлических поверхностей. К шлифующим материалам относятся минералы — алмаз, корунд, гранат — и горные породы — наждак, кварцевый песок, пемза, диатомит.

В нашей стране длина линий электропередач составляет десятки тысяч километров; сотни тысяч фарфоровых изоляторов поддерживают подвешенные к стальным мачтам провода. Изготовляются изоляторы из смеси чистой глины (каолина), кварца и полевого шпата (в пропорции 2 : 1 : 1) и после обжига обливаются глазурью, состоящей из каолина, полевого шпата, кварца, борной кислоты, окислов свинца и др. Огромное количество самых разнообразных изоляционных материалов из мрамора, слюды, асбеста используют электростанции. Очень много неметаллических ископаемых потребляет ежегодно промышленность строительных материалов: пески, обычные глины, гравий, валуны, песчаники, известняки, сланцы, гранит и другие горные породы. Без них нельзя строить жилые и школьные здания, заводы, шоссейные дороги и т. д.

Ежегодная добыча ископаемых для строительной промышленности достигает у нас многих миллионов тонн. Наряду с этим добыча многих неметаллических ископаемых исчисляется в долях грамма—каратах (0,2 *Г*) и реже в килограммах. К этой группе минералов относятся драгоценные камни и самоцветы. Килограммами и тоннами добывают цветные непрозрачные камни очень красивой окраски, применяемые для художественных изделий, как например нефрит, малахит, орлец. Из прозрачных минералов — флюорита, исландского шпата, горного хрусталя — делают линзочки и призмы для оптических приборов, микроскопов и радиоаппаратуры.



Два кристалла кварца, кварцевые пластинки и стакан из литого кварца.

Описание многих неметаллических ископаемых

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ КОРУНДА

1 — кристаллы корунда в полевошпатовой породе; 2 — мелкозернистый розовый корунд с зеленой слюдой; 3 — кристалл корунда; 4 — галька синего корунда (сапфира); 5 — пластинчатый корунд; 6 — кристалл светлого корунда; 7 — алмазный шпат; 8 — кристалл желтого сапфира; 9 — красные корунды; 10 — кристаллы синего сапфира; 11 — кристалл синевато-бурого корунда; 12 — галька рубина; 13 — кристалл звездчатого сапфира; 14 — синий звездчатый сапфир; 15 — плотнозернистый голубой корунд; 16 — кристалл рубина; 17 — ограненные разноцветные сапфиры; 18 — разноцветные звездчатые сапфиры; 19 — ограненные рубины.

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ БЕРИЛЛА

1 — пять бериллов разной расцветки; 2 — три аквамарина разной расцветки; 3 — технический берилл; 4 — гелиодор; 5 — аквамарин; 6 — гелиодор; 7 — 8 — ограненные аквамарины; 9 — бледно-зеленый аквамарин; 10 — изумруд в породе; 11 — ограненный изумруд; 12 — светлый берилл; 13 — ограненный кристалл светлого берилла; 14 — воробьевит.

читатель найдет в статьях: «Как узнать, какой это минерал», «Как определить горную породу», «Как из магмы рождаются минералы и горные породы», «Как образуются осадочные горные породы». Поэтому мы подробно расскажем только о тех ископаемых, о которых в этих статьях даются лишь самые общие и краткие сведения.

Наша страна исключительно богата «камнями плодородия», как называют апатит и фосфориты. Из них приготовляют важнейшие удобрения для полей; с них мы и начнем обзор.

О качестве апатита, а также и фосфоритов судят по содержанию в них фосфорного ангидрида (P_2O_5); в апатите его более 40%. Чтобы яснее представить себе, какое громадное значение для животных и растений имеет фосфор, проследим его «путешествие» по земной поверхности.

Без фосфора невозможна жизнь ни человека, ни животных, ни растений. Нет такого животного или растительного организма, который не содержал бы фосфора. В костях позвоночных животных около 60% фосфорнокислого кальция, а зубная эмаль морских рыб содержит его в еще большем количестве.

Первоначальный источник фосфора, из которого в природе образуются различные соединения, — минерал апатит. Он чрезвычайно широко распространен во всех изверженных горных породах.

Иногда в изверженных породах — нефелиновых сиенитах — образуются крупные скопления апатита. Апатит выделяется из застывающей магмы примерно при 1000°.

При выветривании, разрушении горных пород содержавшийся в них апатит растворяется в поверхностных водах. Часть фосфора усваивается растениями, часть с водой попадает в океан. Подсчитано, что, снимая ежегодно урожай зерновых, мы уносим с ним сотни тысяч тонн фосфора, извлеченного растениями из почвы. Вот почему приходится вносить в почву искусственные удобрения. С растительной пищей фосфор попадает в тело человека и животных. После смерти животных и растительных организмов фосфор опять переходит в растворы, циркулирующие близ поверхности земли, снова поглощается растениями и повторяет свой кругооборот. Однако есть места, где фосфор растений концентрируется, накапливается: это происходит в торфяниках. Здесь фосфор, выделившийся из растений после их отмирания, соединяется с железом (в виде окислов оно всегда присутствует в почвенных водах) и образует минерал вивианит. Его белёсые прослойки становятся при окислении воздухом серовато-синими и резко выделяются на буром фоне торфа. Иногда же вивианит пропитывает всю массу торфа, как например во многих торфяниках Белоруссии. Такой торф — большая ценность: это первоклассное удобрение. Вивианит применяется также как дешевая синяя краска.

Соединения фосфора, извлекаемые из апатита, кроме удобрений (суперфосфат, преципитат), применяются при изготовлении спичек, ядов для мелких грызунов, в лакокрасочном деле, для получения особо прочной фосфористой бронзы, фосфорного чугуна и т. д.

Фосфориты добывают у нас в громадном количестве. Внешний вид их необычайно разнообразен: темные камни причудливых очертаний, закрученные спиралью раковины аммонитов — давно вымерших моллюсков, почти идеальной формы шары, в изломе имеющие лучистое строение, и огромные плиты от 0,5 до 1 *м* толщины. Не зная, какую ценность представляет собой эта «хлебная руда», раньше фосфориты в форме плит применяли как строительный камень.

Фосфорит с остатками аммонита и суперфосфат, изготовляемый из фосфоритов.

Строение фосфорита плотное, а в изломе он имеет землистый цвет. В сильную лупу видны песчинки, обломки скелетиков мельчайших морских организмов, раковинок. Все это скреплено, как цементом, темным фосфорнокислым кальцием.

Химический состав фосфорита непостоянен: обычно фосфорит содержит 5—35% фосфорного ангидрида (P_2O_5), 25—50% окиси кальция (CaO), несколько процентов кремнезема (SiO_2), а также в очень небольшом количестве воду и соединения натрия, калия, фтора, хлора, серы, железа, алюминия, марганца и др.

Фосфориты встречаются среди отложений древнейших морей с остатками морской фауны—раковинами аммонитов, «чертовыми пальцами» (белемнитами) и т. п. Такие фосфориты встречаются, например, под Москвой, в черных глинах на берегу Москвы-реки, поблизости от села Коломенского.

Образовались фосфориты из трупов морских животных, скопившихся в заливах или на дне неглубоких морей (200—1000 *м*), в результате разложения и очень сложной химической переработки—вероятно, при участии бактерий.

Источником получения важных для народного хозяйства химических продуктов — сернистой (H_2SO_3) и серной (H_2SO_4) кислот служит п и р и т. Сотни тысяч тонн этих кислот применяются для получения удобрений, в бумажной, текстильной, фармацевтической, металлургической и многих других отраслях промышленности. Частично пирит добывается попутно с каменным углем. Как же он туда попал? Ткани каждого живого организма содержат серу; при разложении (гниении) ткани растений в конце концов превращаются в уголь, а сера выделяется в виде сероводорода, который очень жадно соединяется с железом. Последнее же в виде растворов окислов всегда присутствует в подземных водах, протекающих по месторождению углей. В воду железо попадает из разлагающихся темноокрашенных породообразующих минералов: авгита, роговой обманки и др.

Серная и сернистая кислоты получаются из сернистого газа (SO_2), который выделяется при горении пирита в особых ретортах. Серу содержат и другие руды цветных металлов, например галенит, халькопирит. При их

Кристаллы самородной серы, применяемой для производства серной кислоты, пороха, спичек, а также при вулканизации каучука.

Кристаллы пирита — исходного сырья для производства серной кислоты и железного купороса.

переработке выделяется сернистый газ, из которого также готовится серная кислота.

Широко используется в промышленности с а м о р о д н а я с е р а. Чрезвычайно разнообразны и интересны условия ее образования: некоторые месторождения находятся на склонах кратеров вулканов, где сера выделилась в парообразном состоянии из лавы. В других местах сера образовалась с помощью бактерий. Как это происходит, можно себе представить, ознакомившись подробнее с Черным морем. Глубина этого моря достигает 2245 *м*, но только в тонком верхнем слое воды его (от 50 до 200 *м*) возможна жизнь. Вся нижележащая толща воды насыщена ядовитым сероводородом. Здесь живут в громадном количестве только особые бактерии, которые разлагают сернистые соли, растворенные в морской воде. При этом выделяются сероводород и сера, отлагающаяся в виде мельчайших кристалликов в теле бактерии. После смерти бактерии сера опускается на дно. Так в течение тысячелетий, по-видимому, образовались многие очень крупные месторождения серы.

Интересен способ добычи серы с большой глубины. В глубокую буровую скважину, пройденную до пласта серы, опускают вставленные одна в другую стальные трубы. Под громадным давлением во внутреннюю трубу нагнетают пар, который расплавляет легкоплавкую серу (температура ее плавления около 120°). Сера вжимается между трубами и вытекает на поверхность земли в подставленные формы.

При выветривании горные породы растрескиваются, разрушаются. Почвенные и дождевые воды извлекают из слагающих их минералов —

полевых шпатов, роговых обманок и других — все растворимые химические соединения. Эти растворы попадают в большие реки и достигают в конце концов океанов, постепенно увеличивая в них количество солей. Попадая же в бессточные котловины, растворы, испаряясь, образуют солончаки, а если приток воды с растворами солей велик,— соляные озера. Издали солончак и соляное озеро очень похожи на замерзшее, покрытое крупными кристаллами снега озеро. На самом же деле это сухая, раскаленная земля, песок или глина, покрытая кристаллами соли.

Сотни соляных озер разбросаны у нас в Закавказье, Казахстане, республиках Средней Азии — словом, в засушливых районах, где даже мимолетный дождик летом — явление довольно редкое.

В сложных природных условиях выпадают соли различного состава. Так, есть солончаки и соляные озера, содержащие обычную поваренную соль, соду, магнезиальные, бромистые и другие соли.

Таких минералов-солей известно более сотни; по внешнему виду они часто не различимы. Промышленность широко использует эти соли, изготовляя из них множество различных химических препаратов.

Сотни тысяч тонн соли добываем мы также из месторождений, залегающих в недрах. Каменная соль залегает иногда вместе с калийными солями, гипсом и другими минералами.

Каменная соль ($NaCl$) не только идет к нашему столу, для засолки рыбы, обработки шкур и т. д. Главная масса ее используется в металлургии цинка и свинца, для получения хлорной извести, соляной (хлористоводородной) кислоты и в холодильном производстве.

Отложение солей происходило в течение различных геологических периодов в заливах, постепенно отделявшихся намывными косами от моря.

Такое явление наблюдается, например, в заливе Кара-Богаз-Гол, на восточном побережье Каспийского моря.

Жара, горячие ветры, дующие из пустыни, вызывают сильное испарение воды в этом заливе. Из перенасыщенных растворов выпадают соли — сначала наиболее трудно растворимые, затем все более легко растворимые. В то же время морская вода через узкое «горло» залива, отделенного от моря большой косой, продолжает притекать в него, и все новые порции соли осаждаются на дне. Зимой это осаждение солей ускоряется, так как в холодной воде растворимость резко падает.

Автор дважды побывал на берегах Кара-Богаз-Гола. Первый раз это было в июле. Безбрежная неподвижная гладь залива казалась гигантским зеркалом в ярко-оранжевой оправе берегов. В лучах ослепительного, жгучего солнца на темно-синем фоне воды необычайно резко выделялись розовые шарики на тонких палочках — фигуры спящих фламинго. Температура воды в заливе достигала $+26°$. Не видно было ни крупинки соли на берегу.

Второй раз я попал в эти места в декабре. Стоял лютый мороз. Мы ходили по берегу, кутаясь в полушубки с огромными воротниками. Разговаривать было трудно: все звуки заглушал грохот прибоя. Свинцовые тучи мчались низко над почти черными волнами залива. На наших глазах из рваных вершин волн выкристаллизовывалась соль, выбрасываемая тут же на берег. Температура воды была $+1°$. Горы мирабилита ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) — сотни тысяч тонн — лежали на берегу, то смываемые, то забрасываемые дальше от кромки воды. Трудно словами передать грандиозное величие этого химического процесса.

В настоящее время специальное предприятие добывает здесь мирабилит — вещество, служащее для приготовления соды, разнообразных лекарств, красок. Мирабилит необходим в стекольном производстве, бумажной, текстильной и других отраслях промышленности.

Для изготовления содержащих калий удобрений используют карналлит и сильвин — магнезиально-калиевую и калиевую соли. Карналлит, кроме того, применяется для получения различных соединений калия и магния, в том числе металлического магния. Его извлекают из соли следующим образом: в расплавленную соль опускают два электрода и пропускают сквозь них постоянный ток. Тогда на отрицательном полюсе оседает металлический магний.

Грандиозные, неисчерпаемые запасы магния и калия содержатся в Соликамском месторождении.

В строительной и химической промышленности широко используется гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Кроме того, из него делают формы для разнообразных пластмассовых отливок.

Ценное неметаллическое ископаемое — асбест. Старинные «горщики» Урала метко назвали асбест «горным льном», «горной куделью». Действительно, из этого «камня» еще 250 лет назад русские мастера ткали тончайшие полотна

для сервировки обеденного стола, кружева, занавески. Нет в наше время такого мотора, двигателя, мотоцикла, автомобиля, в котором бы не было прокладок из асбеста. Паровые котлы и трубопроводы требуют для своей теплоизоляции также этого минерала.

Если «распушить» небольшой кусочек асбеста величиной с лесной орех по волокнам, то образовавшаяся «пушонка» не уместится в чайном стакане. Посмотрите в лупу, как удивительно тонки отдельные волокна, — они гораздо тоньше паутинки. Весь минерал состоит из бесконечного числа таких волокон, тесно прижатых друг к другу. И вот, оказывается, если покрыть особым способом каждое из волокон пушонки металлами — платиной, палладием или другими, — то такая пушонка приобретает «волшебные» свойства: пропущенные через нее некоторые газы, пары соединяются, образуя важные для нас вещества, которые другим способом получить невозможно. Этим методом широко пользуются для получения различных соединений углерода, некоторых пластмасс и других веществ.

Много различных замечательных изделий делают из асбеста: костюмы для пожарных и для рабочих у металлургических печей, несгораемую черепицу для крыш, картон и т. п. Образуется асбест в трещинах горных пород змеевиков. Горячие воды, связанные с глубинными породами, протекая по трещинам в змеевиках, растворяли их, а на некотором расстоянии, в более холодных местах, растворенный змеевик снова выделялся из раствора, но уже в виде волокнистого асбеста.

Близок к асбесту по составу т а л ь к. Он известен всем в виде тонкого, жирного на ощупь порошка. Неизмельченный тальк имеет вид очень мягких, воскоподобных листочков бледно-зеленого цвета различных оттенков. Его применяют в бумажной, парфюмерной (для различных кремов, пудр), красочной, резиновой, текстильной, керамической, электротехнической, металлургической и других отраслях промышленности.

Кристаллы гипса и лепные украшения из гипса.

Замечательный минерал м а г н е з и т ($MgCO_3$) — углекислый магний — близок по составу к змеевиковым породам. Он образуется под воздействием на глубинные породы горячих вод, содержащих углекислоту, а также и другими путями. Встречается магнезит в виде плотных масс, то очень похожих на фарфор, то имеющих крупнокристаллическое строение. Его применение очень разнообразно; например, из него делают особо прочный цемент, который скрепляет зернышки твердых шлифующих минералов. Этот цемент используется при изготовлении точильных кругов.

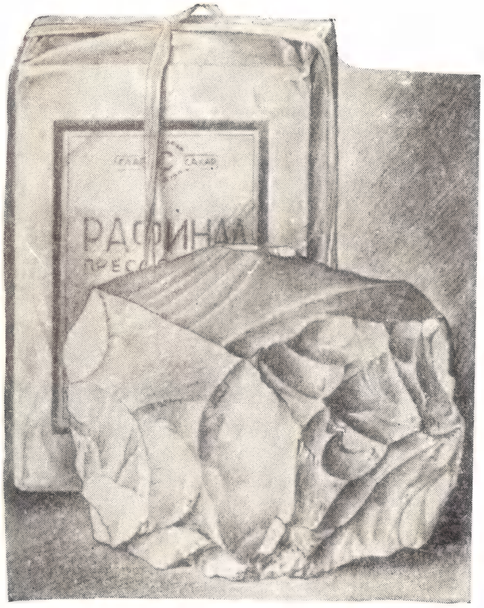
Исключительный интерес представляет группа к о р у н д а. Корунд по составу — окись алюминия (Al_2O_3). Это непрозрачный буроватый или синеватый минерал. Корунд — один из самых твердых минералов. Естественно, что он применяется главным образом как шлифующее вещество. Корунд измельчают в очень тонкий порошок и делают из него диски для резания, бруски, шлифовальные круги, так называемую «шкурку» (бумагу или материю с приклеенным к ней корундовым порошком). Еще шире, чем корунд, применяется в производстве н а ж д а к — порода, из порошка корунда с примесью мелких зернышек кварца, пирита, слюды, гипса и других минералов. Наждак обрабатывается и используется так же, как и корунд.

Волокнистый минерал асбест и шпулька с асбестовой пряжей.

Прозрачные разновидности корунда — голубой или синий с а п ф и р и красный р у б и н. Эти минералы настолько красивы, что применяются как драгоценные камни высшего качества. Встречаются они редко и стоят дорого, а между тем они очень нужны промышленности. Перед нашей техникой была поставлена задача: изготовить сапфиры и рубины заводским путем. Теперь рубины, сапфиры и корунды любой

окраски готовятся как в виде толстеньких капелек — булек, так и в виде тонких длинных столбиков, из которых нарезают подпятнички для колесиков ручных часов.

Принцип приготовления таким способом рубинов очень прост: в центре горелки с гремучим газом (смесь водорода и кислорода; температура пламени около 3000°) располагается платиновая проволочка, на которой и укрепляется растущий кристалл рубина. Сверху сыплется порошок глинозема (Al_2O_3), получаемый из нефелина или боксита. Глинозем плавится, капелька его на проволочке, постепенно опускаясь, охлаждается. Снизу идет затвердевание, кристаллизация расплавленной части рубина, а сверху кристалл продолжает нарастать.



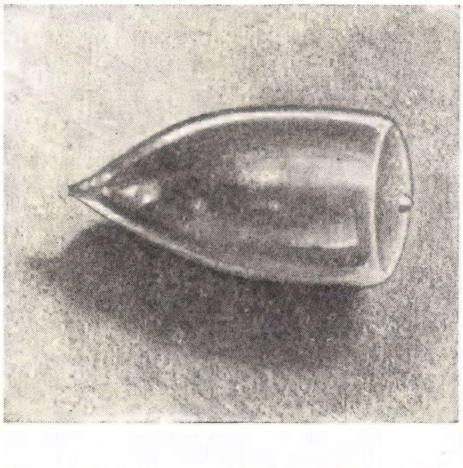
Магнезит, применяемый в сахарной промышленности.

Идея проста, но лишь исключительно высокая современная техника позволила практически поставить это дело в заводском масштабе.

В последних стадиях застывания магмы образуются пегматитовые жилы. В них встречается немало ценных минералов; недаром такие жилы называют «природными музеями». Там можно встретить б е р и л л, т. е. силикат редкого элемента бериллия, похожего на магний, но значительно тверже, прочнее, легче его. Сплавы бериллия с медью, кобальтом, железом и никелем необычайно легки при высокой в то же время прочности. Буроватый, непрозрачный берилл — руда такого ценного металла — не отличается красотой. Зато его прозрачные разновидности очень красивы: а к в а м а р и н[1], яркий золотисто-желтый г е л и о д о р[1] и нежно-розовый в о р о б ь е в и т. Встречаются и почти бесцветные бериллы, но самая красивая разновидность берилла — и з у м р у д. Его красота была оценена людьми еще тысячелетия назад: при раскопках в Египте находили золотые украшения с изумрудами. Не все видели изумруд, но все слышали выражения: «изумрудный лужок», «изумрудная зелень весенней листвы». Значит, ясно, какого он цвета? Не совсем так. Окраска изумруда, оказывается, может быть самой разнообразной: голубой, розовой, золотистой...

К неметаллическим ископаемым относятся также разнообразные минералы группы кремнезема (SiO_2), которые бывают кристаллическими и аморфными.

Остановимся на главных их представителях. Г о р н ы й х р у с т а л ь, или к в а р ц, образует красивые прозрачные и бесцветные шестигранные кристаллы. Из его образцов, лишенных недостатков (трещинок, включений), вышлифовывают призмы и линзы для особо точных оптических приборов и микроскопов. Такие линзы гораздо лучше обычно применяемых стеклянных. Пластинки из горного хрусталя, вмонтированные в радиоприборы, значительно повышают точность их настройки. Кристаллы менее прозрачные используются иначе: их расплавляют и из полученной массы делают химическую посуду. Она подобна простой стеклянной, но у нее есть замечательное качество: в раскаленный докрасна кварцевый стакан можно без вреда для



Булька искусственного рубина, из которого изготовляют камни для механизма ручных часов.

[1] От латинских слов «аква марина» — морская вода.

[1] От греческих слов «гелиос» — солнце и «дорон» — дар.

него налить холодной воды. Обычный стакан при этом разлетелся бы на части. Горный хрусталь, окрашенный соединениями марганца в красивый фиолетовый цвет, называют аметистом. Он применяется как драгоценный камень. Встречается также горный хрусталь дымчатого, желтого, черного и других цветов. Кварц непрозрачный, белый, называемый молочным, образует разнообразные «кварцевые жилы». Он применяется как одна из составных частей стекла и при выплавке разных металлов как флюс[1].

Агат и изделия из него.

К аморфному (некристаллическому) кремнезему относятся халцедон, агат и кремень.

Халцедон (SiO_2) встречается в виде натеков, корочек, конкреций (стяжений) бледно-голубовато-серого, реже — красноватого цвета. Вследствие своей твердости (7) и однородного строения он широко применяется для изготовления опорных призм (например, для точных химических приборов), для лощилок и т. д.

Халцедон полосатого строения называют агатом, он бывает очень красивой окраски. Из него делают броши, пряжки для поясов, портсигары и т. д. Халцедон-агат образуется при кристаллизации остывающей вулканической лавы, когда выделяется много газов и паров. Вспомним, что лава — это та же магма, но излившаяся на поверхность земли. Каменная кора, которая образуется на поверхности лавы, не позволяет вырываться газам и парам наружу, и они остаются в виде пузырей в затвердевающей лаве. При дальнейшем охлаждении часть паров конденсируется, образуя воду, которая циркулирует по трещинкам лавы. Там она насыщается кремнеземом. Достигнув пустот — пузырей лавы, растворы выделяют кремнезем в виде агата. При этом образуются характерные для агата формы — округленные желваки. Халцедон, содержащий примеси окислов железа, марганца, глины, иногда остатки морских животных и т. п., называют кремнем. Встречается он в известняках, глинах и других рыхлых породах. Кремень образуется из кремнеземовых скелетов морских животных у поверхности Земли при обычной температуре, в слоях, где циркулируют воды, насыщенные углекислотой. Они растворяют кремнеземовые скелеты, а затем откладывают кремнезем (см. стр. 288—289, цв. табл. 6) в виде конкреций.

Из этой краткой статьи видно, как широко распространены на Земле неметаллические ископаемые и какое огромное значение имеют они для нашего народного хозяйства.

[1] Флюс, или плавень, добавляют при плавке в железную руду для понижения температуры ее плавления и образования легкоплавкого шлака, с которым удаляются вредные примеси, имевшиеся в руде.

НАШИ АЛМАЗЫ И БРИЛЛИАНТЫ

«Если положить алмаз на наковальню, смочить его кровью козла и ударить молотом — то и наковальня и молот разлетятся на куски, а алмаз останется невредимым»,— так повествовали об алмазе более тысячи лет назад знатоки камней. Они изумлялись твердости алмаза и приписывали ему волшебные свойства. Однако если бы эти люди сами проделали такой опыт, то алмаз превратился бы в пыль, а наковальня и молот остались бы целыми.

«Адамас», т. е. «непреодолимый», — так называли алмаз древние греки. Действительно, алмаз — самое твердое из известных веществ, к тому же устойчивое к кислотам, нагреванию, царапанию и т. п.

Алмаз по составу — углерод, однако он всегда содержит в ничтожном количестве примеси железа, марганца, кремнезема и других элементов. Благодаря этим примесям алмазы бывают окрашены в очень светлые оттенки розовых, голубых, зеленоватых и желтых цветов.

Алмаз «Шах» (в натуральную величину), полученный русским царем от персидского шаха.

Алмаз во много раз тверже кварца (а ведь

Алмаз «Орлов», один из величайших в мире (вид сбоку).

кварц легко царапает оконное стекло), но хрупок и от малейшего удара раскалывается из-за совершенной спайности (см. стр. 292). Прозрачный, без трещинок кристалл алмаза, ограненный, отшлифованный в виде «розочки» и вставленный в какое-либо украшение, называется бриллиантом. Он отличается исключительной прозрачностью, игрой лучей света, блеском. Это один из самых нарядных драгоценных камней.

Наши хранилища содержат изумительные по красоте и ценности алмазы, имеющие исключительно интересное прошлое. Таков, например, алмаз «Орлов», вставленный в скипетр.

Свыше 700 лет назад Тавернье, известный в свое время путешественник, видел в Индии колоссальный бриллиант, вставленный в глаз статуи. После разгрома царства Великих Моголов персами бриллиант попал во дворец шаха, а затем им завладел Ватикан. Наконец бриллиант был куплен русским графом Орловым и поднесен Екатерине II.

Другой знаменитый алмаз — «Шах» — получил Николай I от персидского шаха как плату за убитого в Тегеране русского посла — поэта А. С. Грибоедова.

Однако в промышленности гораздо более ценятся алмазы некрасивые, мутные, серые или черные, совершенно непригодные в качестве украшений. Их внутреннее строение неправильно, и поэтому они лишены спайности и менее хрупки.

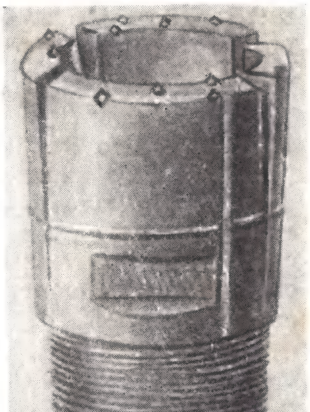
Советский Союз использует в различных отраслях народного хозяйства почти все элементы таблицы Менделеева. Для их получения необходимо обнаружить и разведать громадное количество месторождений. Для детальной разведки месторождения применяют разведочное бурение, при котором используют алмазы. Мелкие алмазы закрепляются на специальных буровых коронках, которые, быстро вращаясь, вырезают керн, т. е. цилиндр из руды или породы, который затем изучается. Масштабы алмазного бурения у нас огромны. Ведь на некоторых месторождениях в год пробуривают в общей сложности до 40 000 *м*, т. е. 40 *км*!

Все осколки и мельчайшие кристаллики алмаза перетираются в алмазную пыль. Из нее делают абразив — шлифующее вещество для обработки самых ответственных деталей машин, станков, приборов. С помощью алмазного абразива шлифуют также и грани у бриллиантов.

Сверла, резцы, циркулярные (плоские, круглые) пилы и многие другие инструменты со вставленными мелкими алмазиками могут пилить, резать, сверлить — словом, обрабатывать самые твердые металлы и вещества. Плоские алмазы с просверленными в них тончайшими дырочками используют как фильеры, т. е. через эти отверстия протаскивают проволочки из вольфрама, тантала и других очень твердых металлов. Так изготовляют, например, «волоски» для осветительных, электронных и других ламп. Из этого видно, какое важное значение имеет для нашего народного хозяйства открытие у нас месторождений алмазов.

Крупнейшие месторождения алмазов находятся в Африке (Южно-Африканском Союзе и Бельгийском Конго). В России алмазы были открыты еще в начале XIX в., однако систематические поиски их начались только в 30-х годах нынешнего столетия.

В 1954—1956 гг. в далекой Якутской АССР, в бассейне р. Вилюя, были обнаружены очень крупные промышленные месторождения алмазов. Это так называемые «кимберлитовые трубки» — гигантские трубообразные отверстия, своего рода вулканические жерла, заполненные особой голубоватой или зелено-



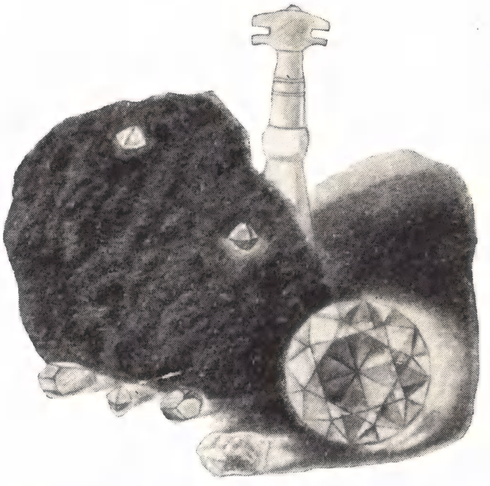
В коронку бура, врезающегося в горные породы, вставляют мелкие кристаллики алмаза.

ватой породой — кимберлитом[1]. Геологи называют эти «трубки» неками.

Образовались неки в результате грандиозных взрывов, значительно превосходивших известные нам страшные взрывы вулканов. Буровые скважины до 5 *км* глубины показали, что состав «трубок» как в Африке, так и в бассейне р. Вилюя остается однородным и неизменным. По-видимому, источник взрыва находился на глубине не менее 10 *км*. Бесспорно, что взрывы, пробившие такую колоссальную толщу пород, связаны с катастрофами огромного масштаба: ведь диаметр кимберлитовых «трубок» так велик, что часто превышает 0,5 *км*.

Кимберлит состоит из кристалликов оливина, пиропа, розовато-лилового граната — альмандина, ильменита и др. Интересно, что в кимберлите присутствуют обломки кристаллических сланцев и некоторых глубинных пород.

[1] Свое название эта порода получила по имени города Кимберли в Африке (Трансвааль).



Алмазы различной формы: два кристалла в кимберлитовой породе; крупный ограненный бриллиант (справа); алмаз для резки стекла (на заднем плане).

Алмазы встречаются как бы рассыпанными в массе кимберлита. Хотя разработка неков у нас только начинается, но уже среди добытых многих тысяч алмазов, кроме мелких «технических», встречается немало крупных — от 0,5 до 2 каратов (см. стр. 314). Изредка встречаются еще более крупные алмазы, свыше 30 каратов. Эти алмазы имеют огромную ювелирную ценность.

Очень многие кристаллы алмаза округленной формы. Предполагают, что они образовались в результате очень медленного растворения кристаллов. В кимберлитовых «трубках» немало встречается и обломков кристаллов, указывающих, что взрыв выбросил уже «готовые» кристаллы, которые поломались в пути.

Как же образовались эти алмазы? Где образуются неки, где надо их искать? Сколько еще подобных вопросов предстоит разрешить геологам, занятым поисками алмазоносных неков, и горным инженерам, которые разрабатывают месторождения алмазов!

КАК ОБРАЗУЕТСЯ И КАК ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ТОРФ

Пруд когда-то был проточным. Чистая родниковая вода наполняла его. Лишь у берегов росли белые лилии и желтые кувшинки да густая осока шумела на ветру. Но уменьшился приток воды, питавшей пруд, и он постепенно стал зарастать, покрываться всякой болотной растительностью. Зеленые заросли камыша и осоки год от года становились гуще, продвигались дальше к середине пруда; в некоторых местах они образовали сплошные поля. Пруд превратился в болото. Чистая вода стала видна только в отдельных местах — «окнах».

Болото, в котором уже и окна заросли, легко принять за сочный зеленый луг. Но ходить по нему опасно: ведь местами этот растительный покров представляет собой зыбкую поверхность: под ним — трясина и вода. Сросшиеся корни растений могут не выдержать тяжести человека. А выбраться из болота очень трудно: опереться руками не на что, и густая трясина может «засосать» выбившегося из сил человека.

Подводные части растений в таком болоте отмирают и падают на дно. Там они частично разлагаются, но не сгнивают совсем, так как в воде недостаточно воздуха для полного разложения, гниения. Постепенно в течение тысячелетий на дне болота образуется торф — уплотненная масса бурого цвета, состоящая из огромного скопления мертвых остатков растений, не подвергшихся полному разложению.

Болота, в которых уже образовался торф, называются торфяными. Если торфа в них много и его выгодно разрабатывать, то такие болота называют торфяниками. Площади

торфяных болот часто бывают огромны — в несколько десятков тысяч гектаров. Толщина торфа обычно 1,5—2 *м*, но в отдельных залежах достигает даже 11 *м*.

Болота могут быть покрыты различной растительностью. В одних случаях в их покрове преобладает торфяной мох — сфагнум. Такие болота расположены всегда на водоразделах (верховые болота). В других случаях растительный покров болота состоит в основном из осоки или из тростников. Болота с осоковым и тростниковым торфом располагаются в пониженных местах (низинные болота). Очень часто на торфяниках растут отдельные деревья, поэтому разные виды торфа нередко имеют примесь древесины сосны, ольхи, березы и т. д.

В некоторых местностях, главным образом в субтропических и тропических широтах, торфяники образуются на болотах, где растет много высоких деревьев. Примером могут служить болота Флориды в Северной Америке с зарослями болотного лавра и болотного кипариса. Из подобных торфяников образовывались в прежние геологические периоды ископаемые угли.

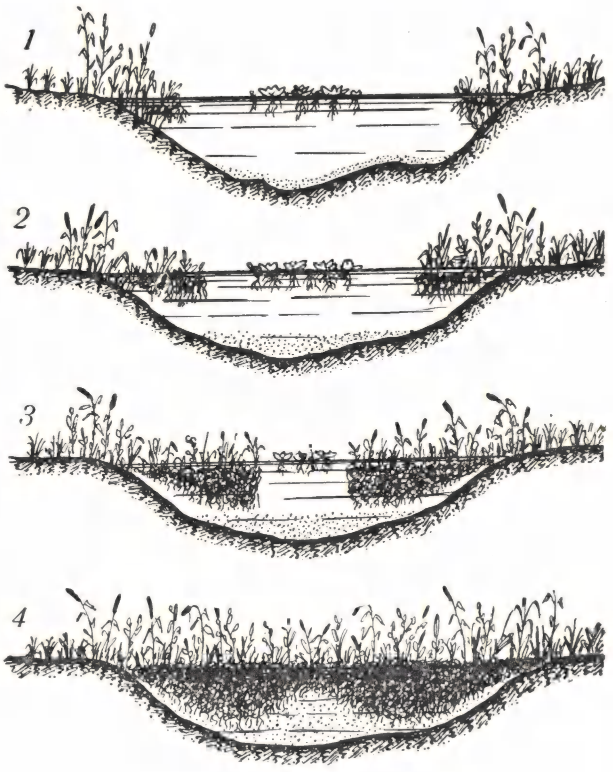
Начало образования многих торфяников относится к послеледниковому периоду. Но известны отдельные случаи сохранения ископаемого торфа древних геологических периодов. Так, например, прослои торфа каменноугольного периода были обнаружены в залежах углей Подмосковного бассейна.

Торфяники продолжают расти и теперь, увеличивая слой торфа на 0,5—3 *мм* в год. Основная часть современных торфяников находится в Европе, Азии и в Северной Америке.

Особенно богата торфяниками наша страна. В Советском Союзе находятся почти две трети мировых запасов торфа.

В царской России огромные торфяные богатства страны использовались чрезвычайно мало. Только при Советской власти началось систематическое использование торфяных запасов страны. В годы гражданской войны В. И. Ленин обратил внимание на торф как на ценное местное топливо, которое может помочь молодой Советской республике, отрезанной от основной топливной базы — Донбасса, выйти из топливного кризиса.

Особенно большие запасы торфа высокого качества обнаружены и разрабатываются у нас на Северном и Среднем Урале, в Карелии, Горьковской, Московской, Ивановской, Калининской, Ленинградской областях, на значительной части Белорусской ССР и во многих местностях Сибири и Алтая.



Стадии образования болота:

1 — проточный пруд; 2 — приток родниковой воды уменьшился, и пруд стал покрываться растительностью; 3 — растительность затянула почти весь пруд, остались лишь небольшие участки воды — «окна». Пруд превратился в болото; 4 — «окна» заросли. Корни растений, сплетаясь, образовали трясину. Дно стало покрываться отмершими частями растений.

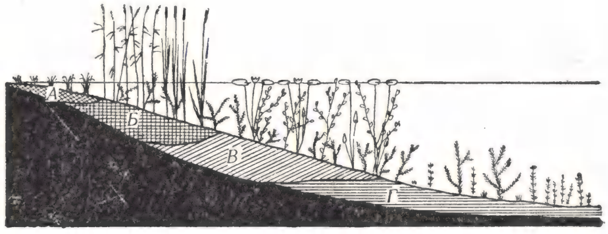


Схема образования торфа в болоте:

А — осоковый торф; *Б* — тростниковый и камышовый торф; *В* — слой сапропеля, подстилающего торфяник; *Г* — сапропелит.

Для облегчения тяжелого труда рабочих у нас применяется широкая механизация добычи торфа.

Так, в первые же годы после Октябрьской революции при энергичной поддержке В. И. Ленина был разработан и начал широко применяться на практике очень интересный гид-

Верховое болото.

Пойменное болото с заросшим протоком.

равлический способ добычи торфа. Он состоит в следующем: струей воды высокого давления торф размывают и превращают в жидкую массу. Затем эту торфяную кашицу перекачивают на соседние сухие ровные участки, которые называют полями разлива. Торф постепенно высыхает, и с помощью особых ножей, укрепленных на широких колесах трактора, его режут на «кирпичи» (брикеты).

В первой пятилетке был разработан еще один механический способ добычи торфа — фрезерный. Он состоит в том, что с помощью особого механизма, прицепленного к трактору, разрыхляется тонкий поверхностный слой торфяной залежи. Полученная торфяная крошка здесь же, на месте, быстро высыхает, затем ее собирают и спрессовывают. Существуют и другие способы добычи торфа.

Основные потребители торфяного топлива— электростанции. Первая из наших мощных электростанций, работающих на торфе (Шатурская), носит имя В. И. Ленина. Эта станция снабжает током предприятия и жилые дома столицы нашей родины Москвы и часть Московской области. Кроме Шатурской, на торфе работает много других мощных электростанций: им. Классона (изобретатель гидравлического способа добычи торфа) в Московской обл., «Красный Октябрь» и «Дубовская» в Ленинградской обл., Балахнинская около г. Горького и др.

По мощности электростанций, работающих на торфе, т. е. по тому количеству электроэнергии, которое они вырабатывают, СССР занимает первое место в мире.

Торф нередко используют вместо угля и дров в топках заводов и фабрик, расположенных неподалеку от торфяных разработок.

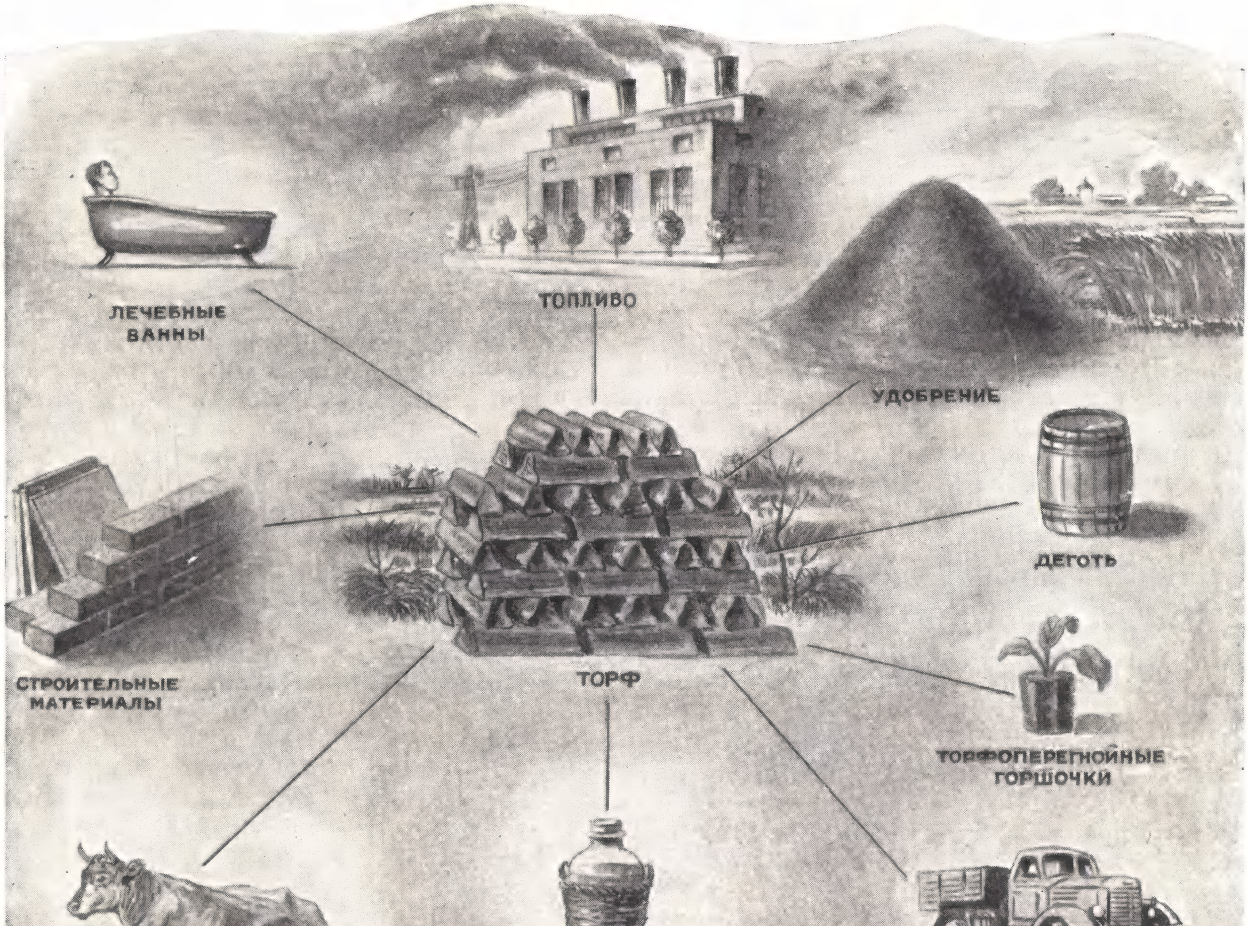
Гидравлический способ добычи торфа: размыв торфяной массы струей высокого давления.

Торф содержит очень много влаги (воды) — гораздо больше, чем уголь. По количеству выделяемого тепла торф превосходит дрова, почти равен некоторым сортам бурых углей, но значительно уступает каменному углю и нефти.

Основная масса добываемого у нас торфа используется для нужд народного хозяйства как топливо, но часть его расходуется и для других целей.

Так, например, в результате химической переработки из торфа получают светильный газ, древесный спирт, деготь и некоторые ценные химические продукты. Благодаря тому, что торф плохо пропускает тепло и звук, он применяется в строительной промышленности как изоляционный материал в виде прокладок в стенах зданий. В сельском хозяйстве торф используют для удобрения: он содержит питательные для растений вещества. Из торфа изготавливают торфоперегнойные горшочки, в которых выращивают рассаду овощей. Торф используют вместо соломы как подстилку для скота.

С каждым годом увеличивается число разрабатываемых залежей торфа и возрастает его добыча. Интересно отметить, что за последние годы немало торфяников было обнаружено юными краеведами.



Как используется торф.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ ПОДЗЕМНЫЕ СКЛАДЫ УГЛЯ

КАК ОБРАЗУЕТСЯ КАМЕННЫЙ УГОЛЬ

Почти 200 лет назад гениальный русский ученый М. В. Ломоносов совершенно правильно объяснил образование ископаемого угля из растительных остатков подобно тому, как образуется теперь торф. Ломоносов указал и условия, необходимые для превращения торфа в уголь: разложение растительности «без вольного воздуха», высокая температура внутри Земли и «тягость кровли», т. е. давление горных пород.

Нужно очень много времени, чтобы торф превратился в каменный уголь. Торф накапливается в болоте, а сверху болото зарастает все новыми и новыми слоями растений. На глубине торф постоянно изменяется. Сложные химические соединения, из которых состоят растения, распадаются на более простые. Одна часть растворяется и уносится с водой, другая переходит в газообразное состояние: углекислый и светильный газ — метан (этот же газ горит и в наших плитах). Большую роль при образовании угля играют грибки и бактерии, населяющие все торфяники. Они помогают разрушению растительной ткани. В процессе этих изменений торфа в нем накапливается наиболее стойкое вещество — углерод. Видоизменяясь, торф становится все более и более богатым углеродом.

Накопление углерода в торфе происходит без доступа кислорода, иначе углерод, соединяясь с кислородом, превратился бы полностью в углекислый газ и улетучился. Образующиеся слои торфа вначале изолируются от кислорода воздуха покрывающей их водой, затем вновь возникающими слоями торфа.

Так постепенно идет процесс превращения торфа в ископаемый уголь. Различают несколько основных видов ископаемого угля: лигнит, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, богхед и др.

Наиболее похож на торф л и г н и т — рыхлый уголь бурого цвета, не очень давнего происхождения. В нем ясно видны остатки растений, главным образом древесины (откуда и самое название «лигнит», что означает «деревянный»). Лигнит — это древесный торф. В современных торфяных болотах умеренной полосы торф образуется преимущественно из торфяного мха, осоки, камыша, но в субтропической полосе земного шара, например в лесных болотах Флориды в США, образуется и древесный торф, очень похожий на ископаемый лигнит.

Лес каменноугольного периода.

При более сильном разложении и изменении растительных остатков создается б у р ы й у г о л ь. Цвет у него темно-бурый или черный; он крепче лигнита, в нем реже встречаются остатки древесины и разглядеть их труднее. При горении бурый уголь дает больше тепла, чем лигнит, так как он богаче углеродом. Бурый уголь со временем не всегда превращается в каменный. Известно, что бурый уголь Подмосковного бассейна одного и того же возраста, что и каменный уголь

на западном склоне Урала (Кизеловский бассейн). Процесс превращения бурого угля в каменный происходит лишь тогда, когда слои бурого угля опускаются в более глубокие горизонты земной коры или происходят процессы горообразования (см. стр. 168). Для превращения бурого угля в каменный или антрацит нужна очень высокая температура и большое давление в недрах Земли. В **каменном угле** уже только под микроскопом видны остатки растений; он тяжелый, блестит и часто бывает очень крепким. Некоторые сорта каменного угля сами или вместе с другими сортами коксуются, т. е. превращаются в кокс (см. стр. 146 и 314).

Кусок породы из угольного месторождения с отпечатком ископаемого растения.

Наибольшее количество углерода содержит черный блестящий уголь — **антрацит**. Найти в нем остатки растений можно только под микроскопом. При сгорании антрацит дает тепла больше, чем все другие сорта угля.

Богхед — плотный черный уголь с раковистой поверхностью излома; при сухой перегонке дает большое количество каменноугольного дегтя — ценного сырья для химической промышленности. Богхед образуется из водорослей и сапропеля.

Чем дольше уголь лежит в земных пластах и чем сильнее он подвергается давлению и действию глубинного жара, тем больше в нем углерода. В антраците около 95% углерода, в буром угле — около 70%, а в торфе от 50 до 65%.

В болото, где первоначально накапливается торф, обычно вместе с водой попадают глина, песок и различные растворенные вещества. Они образуют минеральные примеси в торфе, которые потом остаются и в угле. Эти примеси нередко дают прослои, разделяющие пласт угля на несколько слоев. Примесь загрязняет уголь и затрудняет его разработку.

При сжигании угля все минеральные примеси остаются в виде золы. Чем лучше уголь, тем меньше в нем должно быть золы. В хороших сортах угля ее всего несколько процентов, но иногда количество золы достигает 30—40%. Если золы больше 60%, то уголь вообще не горит и не годится на топливо.

Угольные пласты бывают разные не только по своему составу, но и по строению. Иногда весь пласт во всю толщину состоит из чистого угля. Значит, он образовался в торфяном болоте, куда почти не попадала вода, загрязненная глиной и песком. Такой уголь можно сразу сжигать. Чаще же пласты угля чередуются с глинистыми или песчаными прослойками. Такие пласты угля называются сложными. В них, например, на пласт в 1 *м* мощностью приходится нередко 10—15 прослоев глины по нескольку сантиметров толщиной каждый, а на долю чистого угля приходится всего 60—70 *см*; при этом уголь может быть очень хорошего качества.

Чтобы получить из угля топливо с малым содержанием посторонних примесей, уголь обогащают. Из шахты породу сразу отправляют на обогатительную фабрику. Там добытую в шахте породу в особых машинах дробят на мелкие куски, а затем отделяют от угля все глинистые комочки. Глина всегда тяжелее угля, поэтому смесь угля с глиной промывают струей воды. Силу струи выбирают такую, чтобы она выносила уголь, а более тяжелая глина оставалась бы внизу. Затем воду с углем пропускают через частую решетку. Вода стекает, и уголь, уже чистый, лишенный глинистых частичек, собирается на поверхности решетки. Такой уголь называется обогащенным. Золы останется в нем совсем немного. Случается, что зола в угле оказывается не вредной примесью, а полезным ископаемым. Так, например, тонкая, глинистая муть, приносимая в болото ручьями и речками, нередко образует прослои ценной огнеупорной глины. Ее специально разрабатывают или собирают золу, остающуюся после сгорания угля, а затем используют для изготовления фарфоровой посуды и других изделий. Иногда в золе угля находят германий (см. стр. 117).

КАК ОБРАЗУЮТСЯ ПЛАСТЫ УГЛЯ ДО 100 МЕТРОВ ТОЛЩИНОЙ

Толщина торфа в современных болотах обычно составляет несколько метров, лишь иногда достигает 10 *м*. Из такого торфяника может образоваться пласт угля в 1—2 *м* толщиной.

Сухой пористый торф легко плавает на воде, и удельный вес его равен 0,2, т. е. он в 5 раз легче воды. А каменный уголь имеет удельный вес 1,2—1,5; это значит, что он почти в 1,5 раза тяжелее воды. Такой большой вес уголь при-

обретает в результате сильного уплотнения (в 5—10 раз), которое испытал торф, превращаясь в уголь.

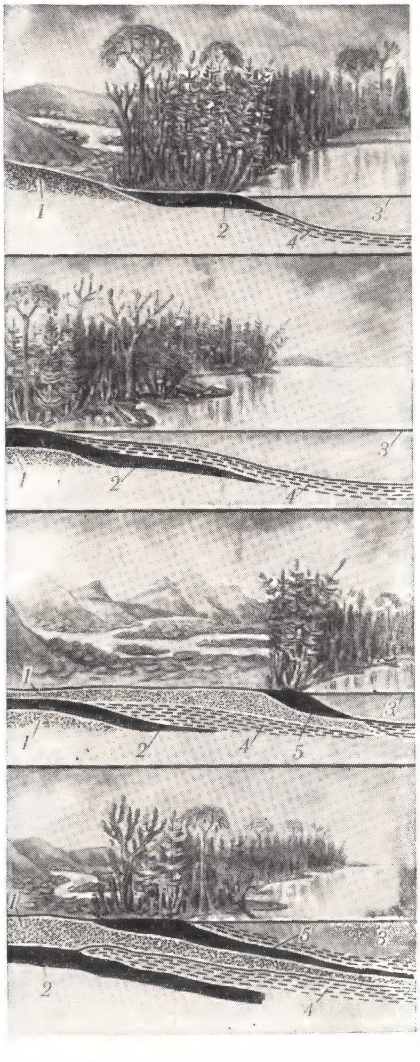
Во многих угольных месторождениях нашей страны известны пласты угля в 20—30 *м* толщиной. Для образования их потребовались пласты торфа толщиной больше 100 *м*. А в некоторых местах Советского Союза есть пласты угля, достигающие 100 *м* толщины! Такие пласты известны в Башкирской АССР около Уфы, на Урале около Челябинска, на восточном склоне Южного Урала. Для образования их потребовались многие сотни метров торфа. Как же они могли образоваться?

В статье «Как образуются горы» рассказано о движениях земной коры, поднятиях и опусканиях, происходящих в разных местах. Образование мощных слоев торфа возможно только в тех местах земной поверхности, где происходит медленное, вековое опускание.

По мере того как накапливающийся в болоте торф опускается на глубину, сверху нарастают новые слои его. Если такое опускание и одновременное нарастание торфа сверху происходит многие тысячи лет, то в результате накапливается материал для образования мощных и сверхмощных пластов угля.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ УГОЛЬНЫЕ БАССЕЙНЫ

Редко бывает, чтобы в угольном месторождении существовал всего один пласт угля. Чаще всего их бывает несколько и расположены они один над другим. В Донецком и Кузнецком бассейнах встречается более 50 угольных пластов. Раньше считалось, что последовательность разных пород в угленосных толщах случайна, но теперь доказано, что в каждом угленосном бассейне существует свое, очень правильное чередование углей с другими слоями.



Схема, поясняющая происхождение угленосных слоев в Донецком бассейне:

1—речные отложения; *2* — первый торфяник; *3*—уровень моря; *4*—морские осадки; *5*—второй торфяник.

В Донецком бассейне, например, немного выше пластов угля обычно лежат пласты известняка с ископаемыми раковинами морских животных. Значит, эти породы образовались в море. Выше морских пород на неровной, размытой поверхности располагаются слои песчаника. По многим признакам видно, что эти песчаники представляют собой речные наносы. На песчаниках залегают глинистые мелкозернистые породы, среди которых лежит следующий пласт угля. Под этим пластом обычно встречают темно-серую глинистую породу с остатками многочисленных корешков растений. Она похожа на современную почву, ее называют ископаемой почвой. Над нижележащим слоем угля опять идет слой пород с морскими раковинами и повторяется та же последовательность отложений.

Такую последовательность ученые объясняют тем, что накопление угленосных слоев Донецкого бассейна происходило на низком морском берегу. При этом море временами затопляло прибрежную равнину и отлагало известковые или глинистые осадки (см. два верхних и нижний рис.). Когда море отступало (см. третий рис. сверху), на сыром берегу, среди обширных болот, пышно развивалась лесная растительность. В болотах торф превратился впоследствии в угольный пласт. По другую сторону болот располагалась суша, по которой текли ручьи и реки, оставляя песчаные наносы. Эти наносы превратились потом в пласты песчаников. Поэтому-то в угленосной толще Донецкого бассейна уголь лежит между слоями морского происхождения и речными отложениями.

В истории Земли было несколько периодов, когда процесс образования каменных углей шел особенно усиленно. Один из периодов, оставивший на Земле много каменноуголь-

ных бассейнов, носит даже название каменноугольного.

В каменноугольном периоде на Земле был влажный, теплый климат, благоприятный для развития пышной древовидной болотной растительности: гигантских лепидодендронов, сигиллярий, каламитов, гигантских папоротников и кордаитов (близких к хвойным деревьям). Отпечатки коры и листьев, плодов и корней этих растений встречаются в подстилающих породах и пластах каменного угля (см. рис. на стр. 141).

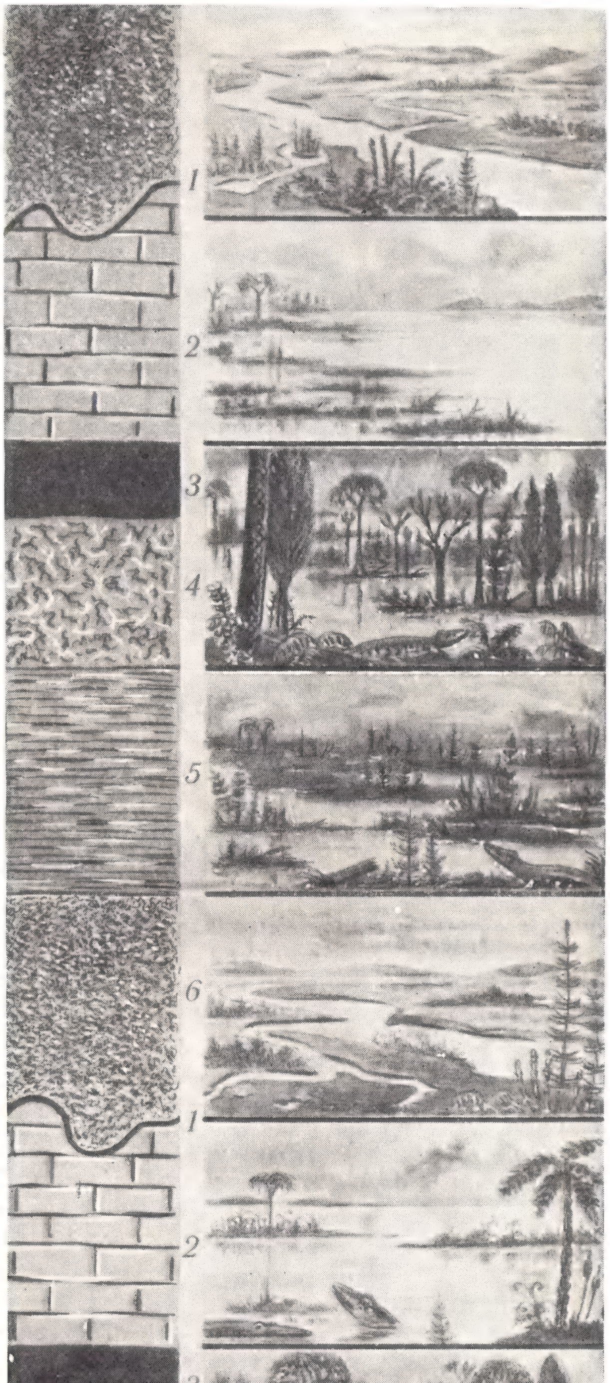
Масса растительных остатков накапливалась в приморских болотах, превратившихся через многие миллионы лет в каменноугольные бассейны.

Приморские болота и теперь встречаются в странах с влажным климатом и низкими морскими берегами. Есть они и у нас в СССР, например на берегах Черного моря в Грузии около гг. Поти и Батуми. Особенно большого развития такие болота достигают в областях с полутропическим и тропическим климатом, например на берегу Мексиканского залива на п-ве Флорида в Северной Америке.

Ископаемые угли образовались не только из приморских торфяников. Во многих угленосных бассейнах нашей страны угольные пласты лежат среди слоев континентального происхождения, а морских осадков совсем нет в угленосной толще. Такие угли известны на Урале (около Челябинска), в Сибири (около Иркутска) и в других районах. Эти каменноугольные бассейны образовались в древних гигантских торфяных болотах вдали от морских берегов. За многие миллионы лет торф превратился в каменный уголь, используемый теперь в нашем народном хозяйстве.

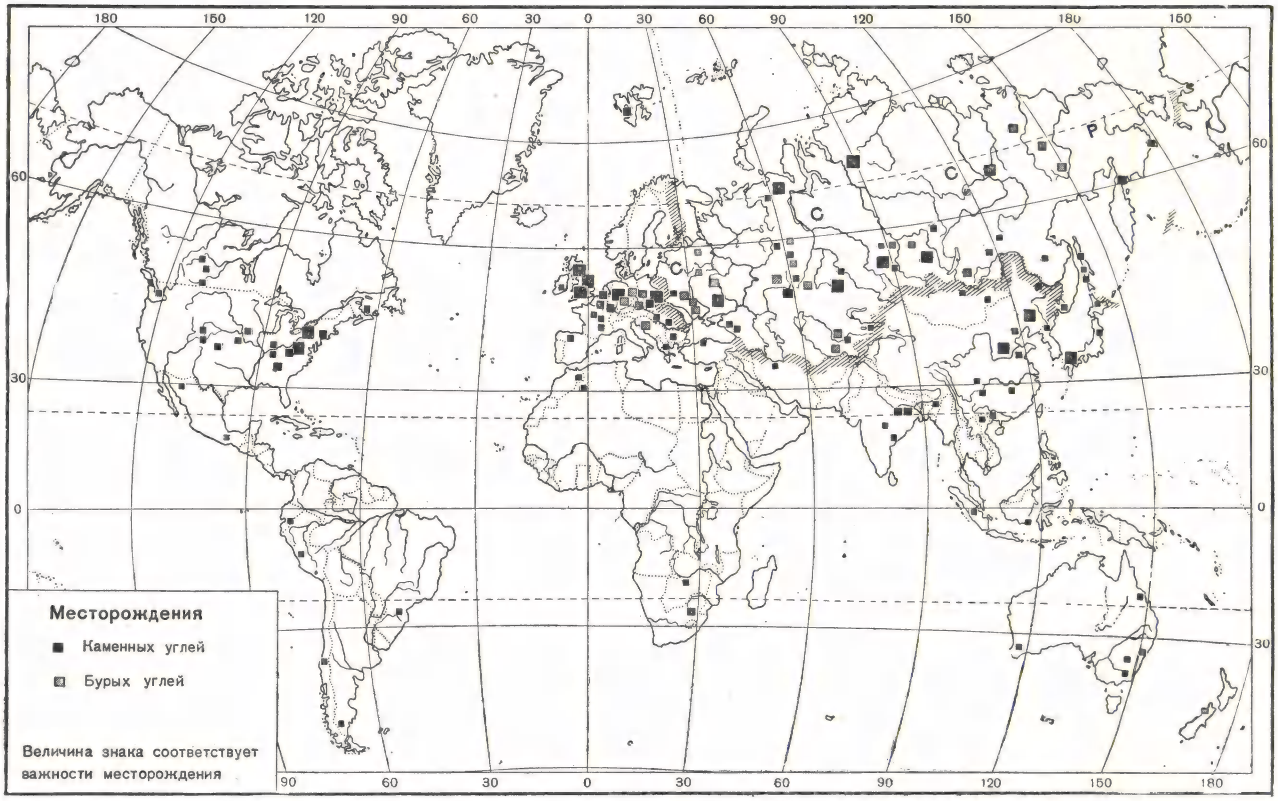
ГДЕ В НАШЕЙ СТРАНЕ ЕСТЬ ИСКОПАЕМЫЙ УГОЛЬ И КАК ЕГО ИЩУТ

Угольные залежи встречаются у нас во многих местах: на берегах Ледовитого океана, в тундре, под Москвой, в Сибири, на Дальнем Востоке, на самом юге страны — у границы с Афганистаном и Ираном. Угольные месторождения



Разрез слоев, содержащих уголь, в Донецком бассейне:

1 — линия размыва; *2* — известняк морского происхождения; *3* — угольный пласт болотного происхождения; *4* — глина с остатками корешков растений; *5* — глина приморского происхождения; *6* — песчаник речного происхождения.



Карта главных месторождений угля на земном шаре.

имеются и разрабатываются на западе—за Карпатами, а также на восточной окраине страны — на берегах Тихого океана, на о-ве Сахалине. Много угля в Сибири, на Украине — словом, он встречается по всему Советскому Союзу.

Богатые месторождения каменного угля называются угленосными бассейнами. Хорошо известны Подмосковный бассейн, расположенный к югу от нашей столицы, Донецкий бассейн на Украине, Карагандинский бассейн в Казахстане, Кузнецкий бассейн в Западной Сибири, Тунгусский бассейн в Восточной Сибири и многие другие.

А сколько, вероятно, в разных местах страны еще не обнаруженных месторождений, закрытых сверху другими породами!

Поиски новых месторождений — очень интересная работа.

Самый простой и старый способ поисков, которым пользовались еще сотни лет назад,— это, как говорят геологи, поиски «по выходам». Где-нибудь в русле речки или на склоне горы находят обломки угля. Следовательно, выше по течению речки или по склону должен быть уголь. Его начинают искать. Найдя отдельные — даже небольшие — выходы угля, раскапывают почву и добираются до самого угольного пласта. Иногда же уголь обнаруживают сразу — при рытье колодца или какой-нибудь ямы.

Когда выход угольного пласта найден, начинаются разведочные работы: исследуют, как далеко он распространяется, есть ли по соседству другие пласты и какого качества. Для этого геологи внимательно изучают окрестности, составляют геологическую карту, на которую наносят все горные породы, имеющиеся в районе; затем копают канавы, роют специальные разведочные ямы — шурфы, иногда бурят очень глубокие скважины, чтобы вскрыть уголь и изучить условия его залегания.

Но поиски «по выходам» всегда зависят от случайных причин. Поэтому теперь чаще применяют более сложные и совершенные способы поисков.

Известно, что уголь проводит электрический ток лучше, чем другие породы. Определяя при помощи особых, очень сложных приборов электропроводность различных слоев на глубине, геологи узнают, есть ли среди них пласты угля.

Иногда поиски производят с помощью взрывов, наблюдая, как проходят через земную кору колебания, вызванные этими взрывами.

В поисках угля людям помогают бактерии, развивающиеся в местах скопления газа, выделяемого угольными пластами. В почве находят места скоплений этих бактерий, и по ним определяют присутствие угля на глубине.

Общий вид каменноугольной шахты в Донбассе. Позади шахты видны горы отвалов — терриконы.

Все принятые способы поисков основаны на знании условий, в которых образуются угли. Известно, например, что среди глубоководных морских осадков уголь найти нельзя. Нет его ни в ледниковых отложениях, ни в отложениях пустынь и т. д. Уголь встречается либо там, где морские прибрежные слои чередуются с континентальными, либо среди континентальных водных отложений — речных и озерных. Значит, чтобы обнаружить уголь, нужно искать такие породы, которые по условиям своего образования могли бы заключать угольные пласты.

Но не во всех этих отложениях одинаково часто встречаются пласты угля.

В очень древних породах, образовавшихся приблизительно 300 млн. лет назад и более, угля вообще не может быть, потому что в то время еще не существовало наземных растений и не было торфяников. Появившиеся на суше растения постепенно развивались и в определенные моменты геологической истории давали материал для образования торфа.

Геологи умеют отличать древние речные отложения от озерных, а озерные — от морских. Породы морского происхождения геологи различают в зависимости от того, на какой глубине они образовались: мелководные и прибрежные породы отличаются от глубоководных и по своему облику и по содержащимся в них остаткам вымерших животных.

Кроме того, геологи знают, что речные, озерные и морские мелководные породы могут быть самого разнообразного возраста: очень древние, образовавшиеся сотни миллионов лет назад, и относительно молодые, накопившиеся всего 1—2 млн. лет назад, или даже еще моложе.

Добыча угля в карьере (Узбекистан).

Может ли школьник помочь в поисках угля? Разумеется, может. Легче всего удается обнаружить пласты углей, расположенные близ поверхности.

Чтобы найти уголь, выходящий на поверхность, надо прежде всего собрать у местных жителей сведения, не находили ли они кусков угля на пашне, на склоне холмов, может быть даже где-нибудь в овраге или на берегу реки. Надо узнать, не встречался ли уголь в ямах, колодцах. Полученные сведения нужно лично проверить.

Во время экскурсий следует внимательно осматривать горные породы, выходящие на поверхность в обрывах, на берегах ручьев и рек: не попадутся ли среди них выходы угля? Сведения о находке угля надо сообщить прежде всего в краеведческий музей.

Как используется каменный уголь.

ДЛЯ ЧЕГО НАМ НУЖЕН КАМЕННЫЙ УГОЛЬ

Каменный уголь имеет очень большое значение в народном хозяйстве. Это важнейший источник энергии. Он используется прежде всего как топливо для паровозов, пароходов, котлов на электрических станциях и т. д.

Есть сорта каменного угля, которые почти не содержат вредных, посторонних примесей и при сухой перегонке — нагревании без доступа воздуха — превращаются в кокс. Кокс бывает блестящего, серебристого светло-серого и матово-темно-серого цвета и содержит множество мелких пустот от выделившегося во время нагревания газа. Кокс необходим для выплавки чугуна из железной руды. Его смешивают с железной рудой и помещают в доменные печи, где смесь поджигают. Кокс начинает гореть и отнимает у руды содержащийся в ней кислород. Руда превращается в чугун.

Многие сорта угля при перегонке не дают кокса, но зато образуют много горючего газа. В Москве, до того как был проведен природный газ из Саратовской области, газ для

промышленных предприятий, лабораторий и жилых домов получали из каменного угля. И сейчас некоторые города снабжаются газом, вырабатываемым из угля.

Способом особой сухой перегонки из некоторых сортов угля получают, кроме горючего газа, жидкие продукты коксования: керосин, бензин и другие вещества. Подобные угли могут для ряда отраслей промышленности заменить нефть.

В некоторых местах нашей страны получают газ из зольных углей прямо под землей, не вынимая уголь на поверхность. Для этого в слоях земной коры, покрывающих угольные пласты, просверливают отверстия — буровые скважины. Глубина их достигает нередко нескольких сотен метров. Через скважины нагнетают воздух, а затем поджигают уголь, который начинает под землей медленно тлеть. При этом через скважины на поверхность поднимается горючий газ, выделяющийся из угля. Этот газ используется промышленностью и для бытовых целей. Такой способ добычи газа называется **подземной газификацией угля**.

Каменный уголь дает ценное сырье химической промышленности. Из угля получают анилиновые краски (для окраски тканей), лаки, лекарства, сахарин, взрывчатые вещества, духи и многое другое (табл. на стр. 146).

С ростом промышленности одновременно увеличивается и потребность в угле. В. И. Ленин говорил: «...без угольной промышленности никакая современная промышленность, никакие фабрики и заводы немыслимы. Уголь —

Схема подземной газификации угля.

это настоящий хлеб промышленности, без этого хлеба промышленность бездействует, без этого хлеба железнодорожный транспорт осужден па самое жалкое положение».

КАК ОБРАЗУЮТСЯ НЕФТЬ И ГАЗ

ЧТО ТАКОЕ НЕФТЬ

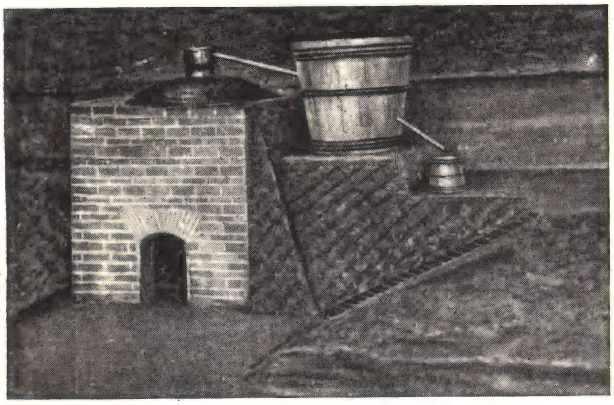
Нефть — маслянистая темно-коричневая, почти черная жидкость, иногда имеющая красноватый или зеленоватый оттенок или совсем бесцветная. Нефть — это смесь разных жидких веществ, в которой растворены смолы и газы.

Нефть легче воды. Если налить в стакан воды и нефти, то внизу будет вода, а вверху — нефть. А если в нефти есть растворенный газ, и стакан плотно закрыт сверху, то газ соберется над поверхностью нефти. Нефтяной газ очень легок, бесцветен, пахнет бензином. Он вспыхивает, если поднести к нему спичку.

Нефть не пропускает электрический ток, и поэтому ее продукт — парафин — применяют при производстве изоляторов.

У нефти очень высокая теплопроизводительность: 10 *Т* нефти дают столько же калорий, сколько 34 *Т* дров, или 31 *Т* бурого угля, или 13 *Т* антрацита. Благодаря этому нефть — чрезвычайно ценное энергетическое сырье.

В химическом отношении нефть и газы являются смесями углеводородов, т. е. соединений углерода и водорода, причем углерода в



Макет нефтеперегонной установки братьев Дубининых. В печи — котел, который заполнялся 40 ведрами нефти. После перегонки получалось 16 ведер керосина и в котле оставался мазут.

нефти от 84 до 88%, а водорода — около 14%. Кроме того, нефть часто содержит немного серы, азота и кислорода.

Почти все вещества, образовавшиеся из отмерших животных и растений, состоят из соединений углерода с водородом, азота и кислорода. К таким веществам относятся асфальт, озокерит, или горный воск, уголь, торф.

Углеводороды, входящие в состав нефти, весьма разнообразны. Их свойства тоже различны. Есть углеводороды твердые, жидкие и газообразные. Чем легче по весу эти соединения, тем скорее они испаряются при нагревании. На этом основана перегонка нефти. Первым, при нагревании нефти от 30 до 150°, закипает бензин. Пары его можно отвести из общего сосуда по трубке в холодильник. Остынув, эти пары снова перейдут в жидкое состояние, т. е. конденсируются, и дадут бензин.

При температуре от 150 до 200° от смеси будут отделяться пары лигроина, с которыми поступают так же, как с парами бензина; при температуре от 200 до 300° отделяются пары керосина, а свыше 300°— пары соляровых масел. Это переходный материал от керосина к более тяжелым машинным, или смазочным, маслам.

Первый нефтеперегонный завод был построен в России в 1745 г. Он изготовлял керосин, который затем смешивали с растительным маслом и сжигали в лампадах церквей и монастырей.

В 1823 г. крепостные крестьяне братья Дубинины на Северном Кавказе построили нефтеперегонную установку, состоявшую из котла и медной трубы, соединявшей крышку котла с холодильником в виде бочки с водой. Под трубу подставлялась пустая бочка, в которую стекал керосин.

Позже знаменитый русский химик Д. И. Менделеев сконструировал установку для перегонки нефти с многочисленными котлами-цистернами, получившими название кубов. Впоследствии это громоздкое сооружение было заменено так называемыми трубчатыми установками, состоящими из огромных печей. Такая печь называлась трубчатой потому, что внутри ее тянулись трубы, по которым быстро двигалась нефть. Она нагревалась до температуры 300—325°.

В результате перегонки нефти в трубчатых установках от нее отделялись все легкие части, а в остатке получался мазут — густая черная жидкость, которую раньше целиком сжигали в топках. Но теперь изобретен способ превращения тяжелых углеводородов, входящих в состав мазута, в легкие, т. е. нефтяники научились получать из мазута бензин и керосин. Такой способ переработки нефти называется крекингом. Впервые он был применен в 1879 г. русским инженером Рагозиным. Позже этот способ усовершенствовал инженер Шухов.

Современные нефтеперегонные и крекинг-заводы — громадные предприятия, перерабатывающие большое количество нефти.

ГДЕ И КАК ЗАЛЕГАЮТ НЕФТЬ И ГАЗ

Нефть и газ залегают в глубинах земли почти всегда среди осадочных пород (см. стр. 97). Нефть пропитывает пески и песчаники, а иногда и трещиноватые известняки. Часть нефти просачивается на поверхность земли и даже скапливается в виде луж и озер, а газ, выходящий на поверхность, можно поджечь, и он будет гореть факелом. Такие огни в далекие времена горели на Апшеронском п-ве, привлекая ежегодно сотни паломников из Закавказья и Индии, считавших факелы священным огнем. В то время нефть использовалась для смазки, освещения, лечения и даже для военных целей. Так, например, в VII в. византийцы сожгли с помощью нефти арабский флот. Они вылили на поверхность моря бочки нефти и подожгли ее. Арабам казалось, что загорелось море. Через несколько часов их флот был уничтожен.

Однако нефть и газ выходят на поверхность сравнительно редко. Их приходится искать в таких участках земной коры, которые благо-

приятствуют образованию и накоплению этих ископаемых. Оказывается, что нефть и газ чаще всего скопляются там, где пески или песчаники, содержащие их, изогнуты в складку, которая имеет форму обычно пологого свода и называется антиклиналью. Газ и нефть собираются в верхней части свода, причем газ, как более легкий, располагается на самом верху, образуя так называемую «газовую шапку», нефть держится ниже, а еще ниже — вода (см. рис. слева).

Но не в каждом своде антиклинали бывают залежи нефти и газа. Эти полезные ископаемые скапливаются тогда, когда в пластах образуется для них «ловушка». Не нужно забывать, что нефть и газ — подвижные вещества. Если в земной коре нет условий для их накопления, то мельчайшие капельки нефти и пузырьки газа будут уноситься водой все дальше и дальше, пока вода не вынесет их на поверхность земли, где они совсем потеряются — уйдут в атмосферу.

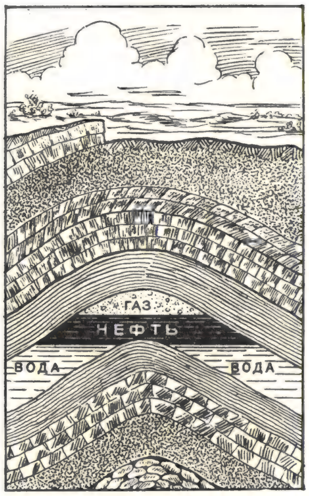
Изгиб слоев в виде свода — антиклинальной складки — прекрасная ловушка. Но может быть случай, когда пласт песка на своем протяжении просто перейдет в глину или выклинится. Тогда часть песка будет окружена со всех сторон непроницаемой для нефти глиной. В ловушке скопятся нефть и газ, причем они опять-таки правильно расположатся по удельному весу: наверху газ, затем нефть и вода.

В известняках нефть может залегать иначе. Иногда встречаются плотные, массивные, очень мощные известняки, в которых отдельные участки разбиты трещинами и имеют пустоты. Образование пустот объясняется тем, что прежде находившиеся в этих местах известняки были растворены водой. В таких участках также могут скопиться нефть и газ. Поиски залежей нефти в известняках (см. средний рисунок), гораздо труднее, чем в антиклинальных складках, где нефть и газ залегают в сводовых частях.

Разведочное бурение складки, в которой предполагается нефть, нужно вести очень осторожно. Залежи нефти и газа находятся под большим давлением, а оно зависит от глубины, на которой нефть залегает. Давление может достигать 250—300 атмосфер и больше. Если не принять необходимых мер, вскрытие залежи может вызвать открытый нефтяной фонтан. Из скважины вверх вырвется со страшным шумом и грохотом струя нефти и газа. Эта мощная струя будет выбрасывать из недр песок, камни, части бурового оборудования. Вышка будет разрушена, могут быть человеческие жертвы. Вылетающие из скважины кусочки камня могут, ударяясь друг о друга, дать искры, от которых вспыхнет огромная струя нефти. Такой пожар трудно потушить.

При открытых фонтанах огромное количество газа и нефти пропадает зря. Кроме того, нефтяной пласт теряет газ, который должен расходоваться на выталкивание нефти из пласта в скважину и на подъем ее к поверхности земли.

Лет двадцать назад необыкновенно мощный фонтан нефти ударил на Апшеронском п-ве на



Распределение газа, нефти и воды в своде антиклинали.

Ловушка для нефти в разбитых трещинами известняках с пустотами.

Слои песка переходят в глины. В местах их выклинивания образуется ловушка для нефти. Стрелка показывает скопление нефти.

промысле Локбатан. Огромная масса нефти, с силой вырываясь на поверхность, затопила всю площадь промысла. Вместе с нефтью выносилось так много песка и глины, что вскоре 30-метровая вышка провалилась вместе со всем оборудованием.

Открытый фонтан — катастрофа на промысле. Однако при современной технике бурения и добычи нефти это явление стало очень редким.

КАК ИЩУТ НЕФТЬ И ГАЗ

Залежи нефти и газа, находящиеся глубоко под землей, ищут геологи-нефтяники. Они изучают строение района, устанавливают наличие антиклинальных складок (в форме свода) и других ловушек для нефти и указывают места для бурения разведочных скважин. В этом деле им помогают геофизики, которые изучают с помощью специальных инструментов породы, залегающие на глубине. Они определяют плотность пород и другие их свойства. Зная свойства нефтяных пластов, геофизики дают полезные указания геологам, закладывающим буровые скважины.

Несмотря на то что залежь нефти и газа может быть отделена от поверхности мощной толщей пород, она все-таки проявляет себя на поверхности. Нефтяной газ за огромные периоды времени, исчисляющиеся миллионами лет, пробирается вверх и примешивается к воздуху почвы. Значит, над залежами нефти и газа в почве будет содержаться повышенное количество нефтяного газа. Даже простые анализы воздуха почвы дают возможность определить районы, где на глубине могут находиться залежи нефти и газа.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ НЕФТЬ И ГАЗ

Первым человеком, правильно ответившим на вопрос о происхождении нефти, был гениальный русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов. Он высказал предположение, что нефть образовалась благодаря разложению под землей остатков различных организмов.

Впоследствии теория органического происхождения нефти получила широкое распространение. Особенно много сделал для ее развития акад. И. М. Губкин.

У морских берегов, там, где море неглубоко, в заливах и лагунах находится огромное количество различных морских животных и растений. Одни животные существуют на дне моря, другие плавают в воде, третьи — очень мелкие — не имеют плавательных приспособлений и свободно переносятся с места на место по воле волн. Теплые течения сменяются холодными, дно моря поднимается или опускается. С изменением условий животные и растения, населяющие прибрежные зоны, массами вымирают и опускаются на дно моря. Там они смешиваются с илом и образуют скопления особого гнилостного ила, богатого органическим веществом, который называется сапропелем[1]. Выше слоя сапропеля может накопиться толща песков, глины, известняков и других пород, образующихся на дне моря.

Под давлением этих пород сапропель уплотняется, начинает терять воду и превращается в сапропелит. А в нем без доступа воздуха из органического вещества отмерших животных и растений образуются нефть и газ.

При дальнейшем уплотнении пород под тяжестью вышележащих слоев капельки нефти и пузырьки газа выдавливаются, как вода из творога, положенного под пресс. Они попадают в породы, которые под давлением мало изменяются, например в пористые известняки или в пески. Пески состоят главным образом из мелких обломков кварца с пустотами между ними. Кварц — очень твердый минерал, поэтому сильное давление сверху мало уплотняет пески. Пустоты между обломками кварца остаются всегда, и в них проникают нефть и газ из пласта уплотняющейся глины.

Существуют и другие теории образования нефти.

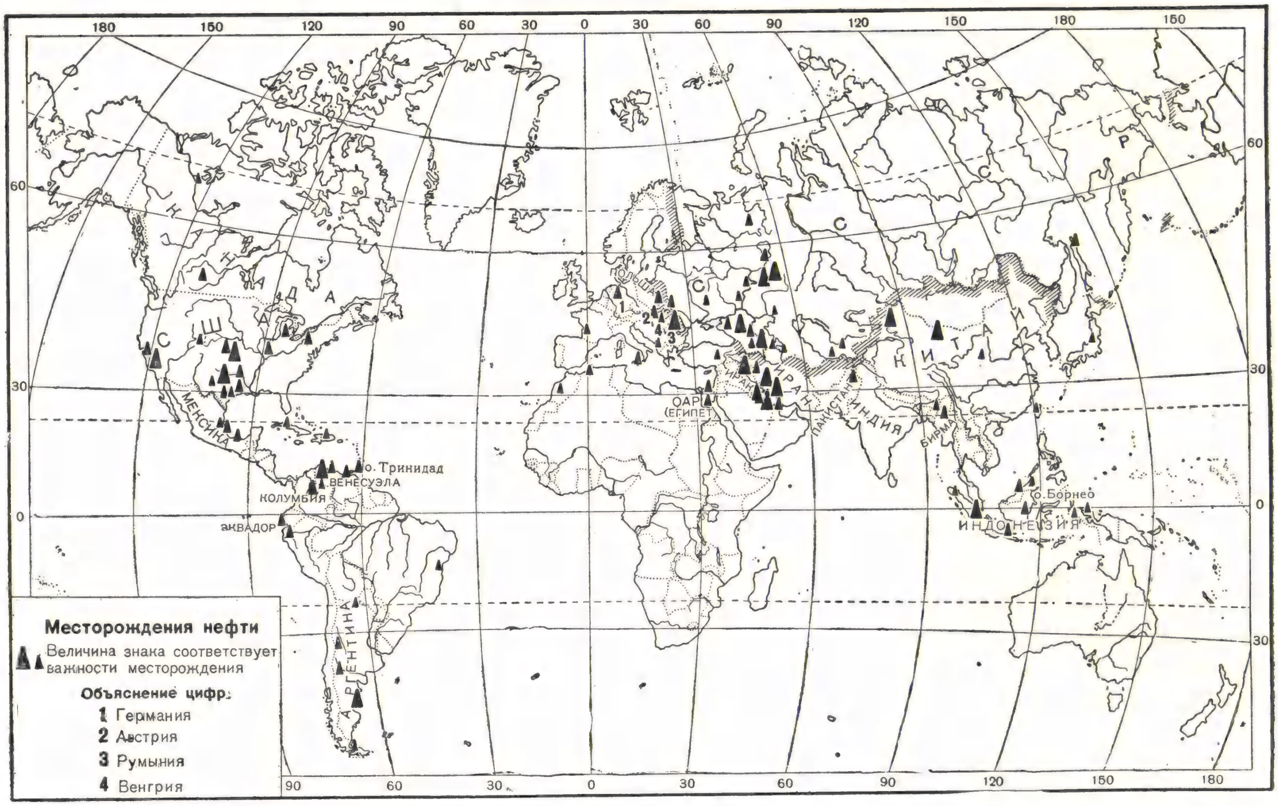
По пластам песка всегда движется вода. И если в пласте нет ловушки для нефти, залежь ее так и не образуется; капельки нефти и пузырьки газа совершенно потеряются в массе воды. А если на пути потока воды, несущей с собой углеводороды, встретится антиклинальная складка или другая ловушка для нефти и газа, тогда образуются скопления нефти.

КАК ИСПОЛЬЗУЕТСЯ НЕФТЬ

Нефть имеет огромное значение в народном хозяйстве. Из нее получают бензин, необходимый для моторов самолетов и автомашин, двигателей речных и морских судов и т. п. Нефть состоит из многих различных химических соединений углерода и водорода. Вырабатывают из нее тысячи разнообразных продуктов: смазочные масла и духи, парафин и каучук, казе-

[1] От греческих слов «сапрос» — гнилой, «пелос» — глина, грязь, ил.

Как используется нефть.



Карта месторождений нефти.

лин, жиры, из которых изготовляют прекрасное мыло, нафталин и т. п. (см. табл. на стр. 151). Одно только перечисление всего, что получают люди из нефти, заняло бы десятки страниц.

В нашей стране есть особые сорта густой и тяжелой нефти, которые обладают лечебными свойствами. На месторождениях таких нефтей строят курорты, куда ежегодно съезжаются тысячи трудящихся принимать целебные ванны.

Вместе с нефтью в недрах земли встречаются и крупные скопления горючих газов, как например известная залежь близ Саратова, откуда газ по газопроводу поступает в Москву.

В последнее время очень крупные месторождения горючего газа открыты в Узбекистане (Газли), в Ставрополье, в Западной Сибири, в нижнем течении р. Оби (Березовское), и в Якутии, у р. Лены (Усть-Вилюйское).

Горючие газы — прекрасное топливо; преимущество их в том, что они дешевы и сгорают полностью. Газ применяется главным образом для некоторых типов моторов. Кроме того, из горючих газов получают бензин, называемый газовым или газолином.

Газ широко используется для бытовых нужд населения и как топливо на заводах.

Запасы природного газа в нашей стране велики.

Но не все нефтяные газы сжигаются. Часть их перерабатывается на заводах для получения пластмасс, хлороформа и других химических веществ, в том числе азотных удобрений.

В окрестностях Таллина (Эстонская ССР) и Ленинграда обнаружены неисчерпаемые запасы горючих сланцев. Из них получают газ и искусственное жидкое топливо.

Горючие сланцы представляют собой очень уплотненную глину, расслаивающуюся на тонкие пластинки. В этой глине присутствует твердое органическое вещество, которое, так же как и нефть, состоит из смеси сложных соединений углерода и водорода (от 40 до 60% состава). Некоторые сланцы так богаты этим веществом, что горят в печи, почему их часто называют «горючими».

Из горючих сланцев на заводах получают

также смолы, масло, бензин, продукты типа керосина, парафин и различные химические вещества.

В Советском Союзе запасы горючих сланцев огромны. Широкое использование их в настоящее время дает возможность резко увеличить запасы бензина, масел и химических продуктов.

В царской России нефтяные месторождения хищнически эксплуатировались кучкой русских и иностранных капиталистов. Техника на промыслах была очень примитивной. Газ считался помехой при добыче нефти и в огромных количествах просто сжигался. Новые месторождения нефти мало разведывались. К 1917 г. русская нефтяная промышленность пришла в упадок.

Молодая Советская республика начала восстановление нефтяных промыслов. Они были переоборудованы на основе новой техники. После этого наша нефтяная промышленность стала бурно развиваться. Из года в год растет добыча нефти, так как советские геологи открывают новые месторождения, а на действующих промыслах используются новейшая техника и передовые методы работы.

Десятки геологоразведочных партий и экспедиций ежегодно выезжают в самые отдаленные части Советского Союза искать новые месторождения нефти. Геолога-нефтяника можно встретить в тундре Заполярья, в песках Закаспия, в сибирской тайге, на берегах Тихого океана и в Закавказье.

Начало широкому изучению запасов нефти в нашей стране было положено основателем советской нефтяной геологии акад. Иваном Михайловичем Губкиным. Он указывал, что между Волгой и Уралом должны быть богатые залежи нефти и газа. Многие крупные геологи с ним не соглашались. Спор длился многие годы. Затем начались широкие геологоразведочные работы в этом районе, и в 1932 г. было открыто крупное Ишимбаевское месторождение нефти южнее г. Стерлитамака.

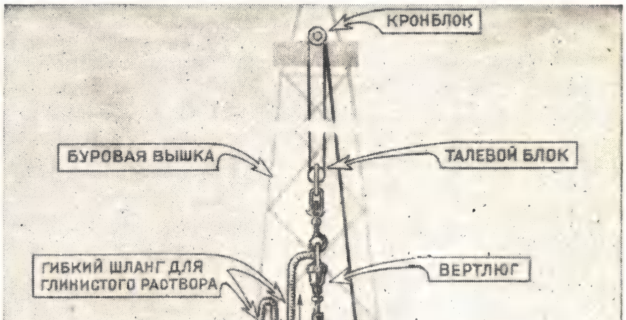
В последующие годы исследования продолжались. Оказалось, что вся область между Волгой и Уралом изобилует нефтью. Ее называли «Вторым Баку».

За годы пятилеток сильно расширились старые нефтяные промыслы. На больших глубинах в них были открыты новые пласты песка, пропитанные нефтью и содержащие газ.

В последние годы добыча нефти из таких глубинных пластов получила большое значение на Апшеронском п-ве. Советские инженеры и мастера научились бурить скважины на глубину до 4—5 *км*. Пробурить такую скважину можно только с помощью первоклассного оборудования. Самая лучшая в мире машина для бурения — турбобур — изобретена и усовершенствована советскими инженерами.

Южнее Баку расположено богатое месторождение в бухте Биби-Эйбат. Половина его находилась под водой Каспийского моря. Решено было этот участок засыпать песком. На месте моря появилась искусственная площадь — «Бухта Ильича». Нефти в этом месте оказалось так много, что за несколько лет окупились все расходы, связанные с работами по засыпке залива. Инициатором и организатором этого трудного дела был С. М. Киров.

Однако не вся нефтеносная площадь, находящаяся под водой Каспия, была засыпана песком. Когда инженеры дошли до значительных глубин моря, засыпку пришлось прекратить.



Роторное бурение нефтяной скважины.

Нефтяные вышки в море.

Группа молодых советских инженеров предложила сооружать длинные пристани — эстакады, уходящие далеко в море и имеющие ответвления в разные стороны. На этих эстакадах теперь устанавливают 40-метровые буровые вышки и все оборудование для бурения весом в сотни тонн. По асфальтированной поверхности эстакады носятся автомобили, а по бокам ее уложены длинные трубы, по которым от скважин к берегу течет нефть.

В настоящее время на искусственных бетонных основаниях и искусственных островах — в десятках километров от берега — организованы нефтяные промыслы.

Добыча нефти в Каспийском море увеличивается из месяца в месяц.

Перед нефтяниками встала задача: как добыть нефть со дна моря, почти всегда бурного? Эта задача оказалась очень сложной, но и она решена советскими инженерами Н. С. Тимофеевым, Б. А. Рагинским и др. Они разработали конструкцию морского острова, который сооружается на сваях — трубах. Сваи глубоко входят в морское дно, а затем заливаются цементом. Получаются прочные тумбы — острова, на которых устанавливаются вышка и оборудование для бурения нефтяной скважины.

Нефтяные промыслы Советского Союза на суше и на море оснащены передовой техникой.

В семилетнем плане развития народного хозяйства СССР значительно расширяются геологоразведочные работы на нефть и газ. Добыча нефти возрастет больше чем в два раза (по сравнению с 1958 г.), а газа примерно в пять раз. 80% газа будет использоваться в промышленности. В результате доля нефти и газа в общем объеме производства топлива возрастет с 31% до 51% в 1965 г., а угля — снизится с 60% до 43%.

Биография Земли

КАК УЗНАЛИ, ЧТО БЫЛО НА ЗЕМЛЕ ДО ПОЯВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

На Земле еще до появления человека в течение миллионов лет происходили события, изменявшие нашу планету. На сушу многократно наступали моря, размывая и разрушая ее; из вод моря поднимались горные хребты. Они, в свою очередь, размывались дождевыми и снеговыми водами, реками, врезавшимися в их склоны, истачивались ледниками, спускавшимися с горных вершин. На дне морей, на островах и на материках вулканы извергали расплавленные лавы, покрывавшие огромные площади и до неузнаваемости менявшие лик Земли.

Ветры в пустынях развеивали горные хребты в пыль, переносили и отлагали мощные толщи песков, накоплявшихся на обширных пространствах нашей планеты.

Но как же человек мог узнать, что происходило на Земле до его появления?

Все те изменения, которые претерпевал земной шар с момента образования на нем земной коры и до настоящего времени, изучает историческая геология. Она выясняет, где в прошлом были моря, а где суша, где происходили извержения вулканов, где поднимались горы.

Историческая геология устанавливает не только события, происходившие многие миллионы лет назад на Земле, но и их последовательность: что было раньше и что позже.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ КАК ПАМЯТНИКИ ПРОШЛЫХ СОБЫТИЙ

Наблюдая окружающую природу, человек подметил, что каждое событие, происходящее на Земле, оставляет след, память о себе в виде тех или иных минеральных накоплений, превращающихся в горные породы.

На суше благодаря работе дождевых и текучих вод накапливаются глинисто-песчаные осадки, содержащие мелкую гальку, нередко и раковинки пресноводных моллюсков. Ветры в пустынях, разрушая горные хребты, способствуют накоплению мощных толщ барханных песков, отличных по составу от песков, намытых водой.

В соленых озерах в условиях сухого и жаркого климата накапливается каменная соль, в морях у берегов нагромождаются галька, песок, а дальше, в открытом море,—известковые и глинистые осадки, превращающиеся впоследствии в известняки и глинистые сланцы (см. стр. 101—102).

Каждое извержение вулкана дает огромное количество минерального материала. Вулканический пепел, уплотняясь и слеживаясь, превращается в вулканический туф; лавы, застывая, образуют различные вулканические горные породы: базальт, обсидиан (вулканическое стекло) и др. (см. стр. 92—94).

Таким образом, каждая горная порода возникла в результате тех или иных событий, происходивших на Земле. Особенности горных пород, их минералогический состав, строение, характер залегания дают геологам материал для выяснения условий, в которых образовались горные породы.

Суглинки с валунами, отложенные ледником.

Наблюдая за изменениями, происходящими на Земле в наше время, и изучая, как образуются различные осадки, можно сделать вывод, что и в далеком прошлом наша Земля изменялась в общем под влиянием таких же процессов, какие происходят теперь. Но в различных местах земного шара эти процессы протекали по-разному.

Под Москвой в оврагах, на склонах речных долин, прямо под почвой можно наблюдать толщи своеобразных красно-бурых грубых суглинков со множеством округлых камней — валунов различных размеров и состава. Валуны состоят из кристаллических пород: гранитов, гнейсов, кварцитов и др. В коренном залегании эти породы под Москвой не встречаются, но широко распространены в Финляндии, на Кольском п-ве. Ученые установили, что валуны и древние валунные суглинки — отложения огромного ледника, наступавшего когда-то на Русскую равнину из Финляндии. Разрушая и истирая скалы, сложенные из гранитов, гнейсов и других кристаллических пород, ледник захватывал с собой обломки и тащил их на многие километры к югу. Подтаивая и постепенно исчезая, ледник откладывал эти истертые обломки вместе с глинистыми и песчанистыми осадками

в виде валунных суглинков — морен (см. стр. 76). Там, где длительно находился край ледника, накоплялись целые валы конечных морен. Изучение этих древних морен помогло ученым определить границы распространения ледников.

Обнажение на берегу озера Ильмень. Видны слои древних осадочных пород.

На Сибирской равнине, покрытой тайгой и болотами, протекают притоки Енисея — Подкаменная Тунгуска и Нижняя Тунгуска. Эти реки размывают древние глинистые породы, песчаники и известняки, слагающие Сибирскую равнину, а местами вскрывают мощные толщи черных, очень крепких пород — сибирских траппов. Они гораздо тверже, чем песчаники, известняки и глинистые сланцы, с которыми траппы переслаиваются. Там, где реки врезаются в траппы, долины их становятся узкими, русла — порожистыми, часто трудно проходимыми даже на небольшой лодке. Черные траппы высокими отвесными стенами, разбитыми на вертикальные столбы, поднимаются над рекой и напоминают развалины древних укреплений. Что же такое траппы? Это древние вулканические породы, близкие к современным базальтам. Они образовались в результате грандиозных внедрений раскаленной магмы, проникавшей по трещинам земной коры в толщи осадочных пород. Излившаяся лава покрыла огромную площадь — около 1 млн. *км*^{2}.

Глядя на широкие ровные пространства Сибирской равнины, покрытые светлой лиственничной тайгой, на болота и реки, прорезающие это зеленое море, трудно себе представить, что здесь происходили когда-то излияния базальтовых лав. И все же по характеру горных пород ученые установили, какие события и в какой последовательности происходили на Сибирской равнине и в других местах Земли.

КАК УЗНАЮТ ВОЗРАСТ ГОРНЫХ ПОРОД

При добыче различных полезных ископаемых в каменоломнях, шахтах, карьерах или у подмываемых водой высоких берегов морей и рек земная кора обнажается часто на большой площади. Изучая естественные и искусственные обнажения, можно увидеть, что различные горные породы, слагающие земную кору, залегают пластами разной толщины, или мощности. Пласты горных пород на равнинах часто лежат совершенно горизонтально, как говорят геологи — спокойно. Это бывает в тех случаях, когда после своего образования горные породы не подвергались действию внутренних сил Земли, нарушающих их первоначальное залегание.

Так, под Москвой можно наблюдать серию горизонтально лежащих слоев горных пород, обнажающихся в различных местах по берегам рек, в оврагах, в каменоломнях. Прямо под почвой залегают красно-бурые суглинки с валунами, а также нередко косослоистые крупнозернистые пески с галькой. Под ними — чисто-белые слюдистые мелкозернистые пески, а еще ниже — грубозернистые сильно ожелезненные песчаники, еще глубже — черные глинистые пески, и плотные слюдистые глины залегают уже на неровной поверхности белых и желтоватых известняков.

Все эти слои накапливались в разное время, в течение многих миллионов лет, слой за слоем. Легко можно решить, какой из слоев древнее: наиболее древние слои, образовавшиеся раньше, лежат глубже, а более молодые их покрывают. Значит, знакомые нам ледниковые валунные суглинки Подмосковья гораздо моложе известняков, имеющих морское происхождение. Теплые моря, отложившие эти известняки, заливали Подмосковье за много веков до того, как с севера начали наступать ледники.

Но не везде на Земле слои залегают горизонтально, как под Москвой. В горных районах они смяты в складки, иногда эти складки раз-

биты сбросами. Поэтому бывает очень трудно установить последовательность слоев.

Ученые нашли замечательный способ, который позволяет определять возраст геологических слоев, даже в случаях самого сложного их залегания: по окаменелостям — остаткам древних животных и растений. Каждая геологическая эпоха имела своих характерных представителей фауны и флоры. Поэтому окаменелости позволяют геологам сравнивать и сопоставлять слои горных пород, находящиеся в районах, далеко отстоящих друг от друга, и устанавливать их одинаковый возраст.

РУКОВОДЯЩИЕ ОКАМЕНЕЛОСТИ

Вероятно, вам случалось, гуляя по берегу реки или лазая по оврагам, находить среди галек, песка и глины окаменевшие раковинки или куски древесины, отпечатки на камнях листочков растений или продолговатые, напоминающие своей формой пальцы гладкие камешки, называемые в народе «чертовыми пальцами».

Может быть, некоторые из вас бывали в каменоломнях или карьерах, где на больших пространствах вскрыты толщи горных пород. Под Москвой, например, в карьерах, где ломают известняки, можно найти много интересного: окаменевшие известковые или кремнистые раковины, окаменелости, напоминающие пчелиные соты или изгибающиеся корешки, очень тонкие зазубренные иголочки с бугорками. Можно найти окаменелости и другого типа.

Все это — остатки древних животных организмов, населявших когда-то Землю, а затем погибших.

Изучением окаменелостей занята особая наука — *палеонтология*[1].

Палеонтологи исследуют ископаемые остатки древних организмов. Сравнивая их с организмами, живущими в настоящее время, палеонтологи восстанавливают внешний облик древних вымерших животных и условия их существования на Земле.

Степень сохранности окаменелостей в слоях Земли различна и зависит от того, в какие условия попало животное или растение после своей смерти.

Известны случаи, когда труп животного, пролежавший в земле многие тысячи лет, почти совсем не разрушился: сохранился не только его скелет, но даже и мягкие органы.

Так, на территории нашей страны были найдены в вечномерзлых почвах Сибири трупы вымерших древних шерстистых слонов — мамонтов.

Как память о суровых климатических условиях ледниковой эпохи истории Земли до сих пор сохранилась так называемая вечная мерзлота, т. е. промерзшие и скованные льдом верхние толщи горных пород земной коры.

Вечная мерзлота распространена в низовьях рр. Печоры, Оби, Енисея, Лены, на Камчатке, на о-вах Новой Земли, на Таймыре, в Забайкалье и во многих других местах. Даже летом слои земли, лежащие иногда на глубине всего одного или двух метров от поверхности, не оттаивают. Такой промерзший слой достигает нескольких десятков и даже сотен метров толщины.

В области вечной мерзлоты трупы погибших мамонтов и других животных, покрытые песками и глинами, не оттаивали в течение долгого срока, поэтому они очень хорошо сохранились. Например, найдены мамонты, у которых частично сохранилась кожа с густым покровом жесткой шерсти, мышцы, внутренние органы и даже содержимое желудка.

Общий вид карьера. Видны слои горных пород.

[1] От греческих слов «палайос (палеос)» — древний, «онтос» — живое существо, «логос» — наука.

Труп мамонта, найденный в ископаемом льду на реке Березовке в Сибири.

В 1948 г. на Таймыре был найден мамонт с остатками кожи и волос на голове. Специальная экспедиция доставила остатки мамонта в Зоологический музей Академии наук в Ленинграде.

Однако такие находки очень редки. Обычно труп животного подвергается быстрому разложению. При этом мягкие органы исчезают бесследно, скелетные же части (кости и зубы позвоночных животных, раковины и панцири беспозвоночных), если они будут быстро покрыты каким-нибудь осадком (песком, глиной и т. п.), могут сохраниться надолго. Остатки погибших организмов лучше сохраняются в морях или озерах. Ведь там все время накапливаются известковые, глинистые или песчаные осадки. Они довольно быстро застилают трупы животных, попадающие на дно. На поверхности суши, на воздухе, остатки организмов разрушаются гораздо быстрее, чем в водоемах, и часто исчезают бесследно.

Палеонтологи в основном имеют дело с остатками скелетов вымерших организмов. Обычно эти остатки пропитаны различными минеральными соединениями — кремнистыми, железистыми и известковыми — и от этого действительно окаменевшие.

Но бывает и так, что даже скелетная часть животного разрушается и на поверхности осадка, который когда-то покрывал или подстилал данный организм, остался только его оттиск, отпечаток, повторяющий форму организма.

Древние осадки с течением времени нередко уплотняются, твердеют, и на их затвердевшей поверхности сохраняются отпечатки когда-то погребенного в них животного или растения. Отпечатки эти иногда очень хорошо передают детали строения организма. Так, многие древние вымершие растения известны нам главным образом по отлично сохранившимся отпечаткам. Встречаются иногда отпечатки мягких тканей тела животных, например организмов, совершенно лишенных скелета, как морские медузы.

В глинистых и песчаных породах палеонтологам случалось находить не только скелеты древних пресмыкающихся — рыбоящеров (ихтиозавров), но и отпечатки их кожных плавниковых складок.

Изучение ископаемых животных и растений показывает, что среди них имеются представители всех групп (типов) и многих классов, на которые зоологи делят современный органический мир.

Так, например, среди ископаемых беспозвоночных найдены представители типов моллюсков, членистоногих, иглокожих, кишечнополостных, простейших. Известны ископаемые представители классов рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих.

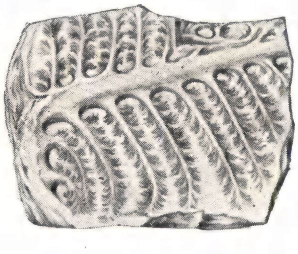
Многие из ископаемых организмов очень близки к живущим в настоящее время, но немало есть и таких животных, которые сильно отличаются от современных.

Ископаемые животные и растения очень разнообразны, что объясняется длительным процессом развития жизни на Земле.

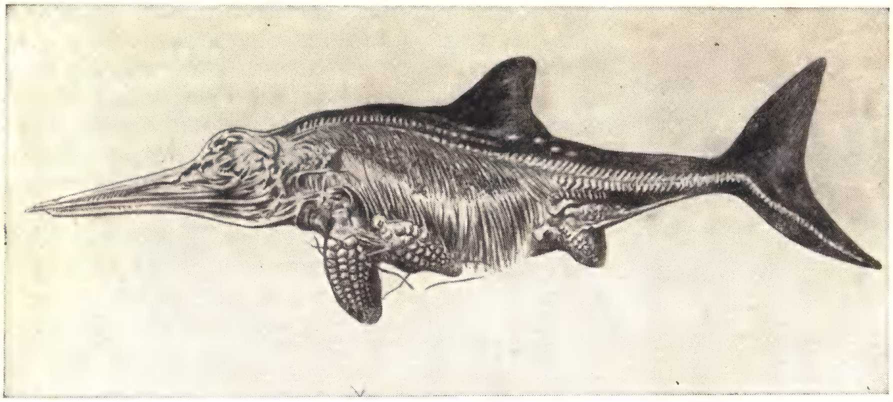
Одним из первых ученых, правильно понявших сущность окаменелостей и оценивших то огромное значение, которое они могут иметь для науки, был наш знаменитый соотечественник Михаил Васильевич Ломоносов. Отличие ископаемых организмов от ныне живущих форм Ломоносов объяснял иными условиями их существования.

На грани XIX в. внимательно изучал различные окаменелости английский землемер Вильям Смит (см. стр. 242). Он обнаружил, что окаменелости из различных слоев земной коры, лежащих один над другим и далеко отстоящих один от другого, сильно отличаются по своему строению.

В. Смит пришел к выводу, что окаменелости



Древние растения часто сохраняются в виде отпечатков на поверхности горных пород. На этом рисунке показан очень хорошо сохранившийся отпечаток папоротника.



Скелет древнего морского пресмыкающегося — ихтиозавра, обитавшего в юрских морях. Кроме костей скелета, сохранились отпечатки кожных плавников — спинного и хвостового.

горные породы. Причину определенной последовательности в смене одних живых существ другими объяснил знаменитый английский ученый Чарлз Дарвин. Он установил, что все разнообразие ныне живущих существ — результат постепенных изменений, медленного развития, которое испытывали организмы, приспосабливаясь к изменяющейся среде. Для доказательства этого сложного и разнообразного процесса развития живой природы Чарлз Дарвин использовал палеонтологический материал.

позволяют определять последовательность в отложении различных слоев и узнавать одновременно отложившиеся слои, даже если они находятся в разных концах Земли. Слои, отложившиеся в одно и то же время, содержат сходные окаменелости. Чем больше разнятся слои земной коры по времени их образования, тем менее похожи содержащиеся в них окаменелости. Пользуясь этим методом — он называется п а л е о н т о л о г и ч е с к и м, — геологи стали успешно определять относительную древность слоев земной коры.

Изучение множества различных окаменелостей из разных слоев земной коры показало, что организмы, населявшие Землю, сильно меняли свой облик во времени. Изменения эти не случайны. В более древних слоях земной коры, как оказалось, содержатся остатки более простых, низкоорганизованных форм, нередко очень своеобразных, мало похожих на ныне живущие. В более молодых слоях встречается все большее количество высокоорганизованных форм, иногда очень близких к современным.

Таким образом, в итоге длительного и тщательного изучения многочисленных ископаемых остатков животных и растительных организмов палеонтологи всех стран постепенно восстановили картину развития органического мира на разных этапах истории Земли (см. стр. 180).

М. В. Ломоносов и В. Смит впервые правильно поняли природу окаменелостей, подметили различие состава ископаемых организмов в разных слоях и связали этот факт с разнообразными условиями и длительностью времени, в течение которого образовывались

На основании данных палеонтологии установлено, что живые организмы, появившись на Земле очень давно (по-видимому, около полутора миллиардов лет назад), все время медленно изменялись, приобретали более сложное строение.

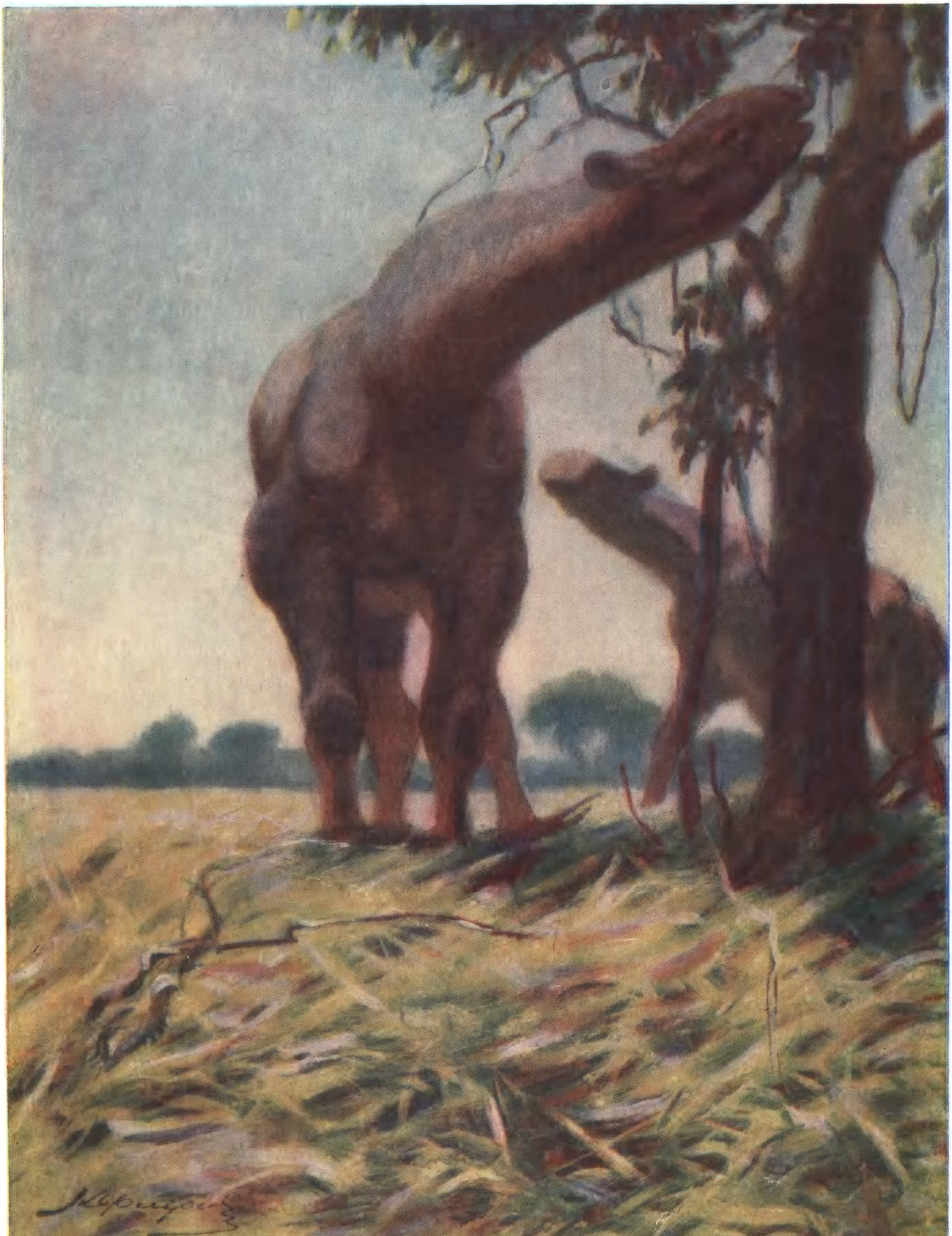
Современный нам мир животных и растений во всем его многообразии — последний этап длительной и сложной истории развития жизни за сотни миллионов лет.

Многие животные и растения существовали лишь в определенный период времени. От них сохранились только в некоторых слоях земной коры остатки.

От некоторых животных и растений, населявших Землю в прошлом, не сохранилось и следа. Те ископаемые формы, которые нам известны, — это лишь незначительная часть огромного количества представителей растительного и животного мира Земли, существовавшего в прошлом. И все же различных ископаемых, которых мы знаем, очень много, и они дают довольно полное представление об облике животного и растительного мира Земли в далеком прошлом.

Изучение остатков животных и растений из различных слоев Земли позволило ученым подразделить огромную толщу горных пород, составляющих земную кору, на отдельные отрезки, которые назвали г р у п п а м и.

Эти группы образовались постепенно, в длительные промежутки, названные э р а м и. Каждая эра характеризуется своим особым обликом животного и растительного мира. Эры разбиваются на более короткие промежутки



Индрикотерий — гигантский безрогий носорог.

Ближайшие родственники слонов — мамонты.

времени — периоды, которым соответствуют менее мощные толщи пластов, называемые системами (внимательно рассмотрите хронологическую таблицу на стр. 163).

Как же геологи определяют относительный возраст отдельных слоев земной коры, т. е. как узнают по найденным окаменелостям, в какие периоды эти слои отложились?

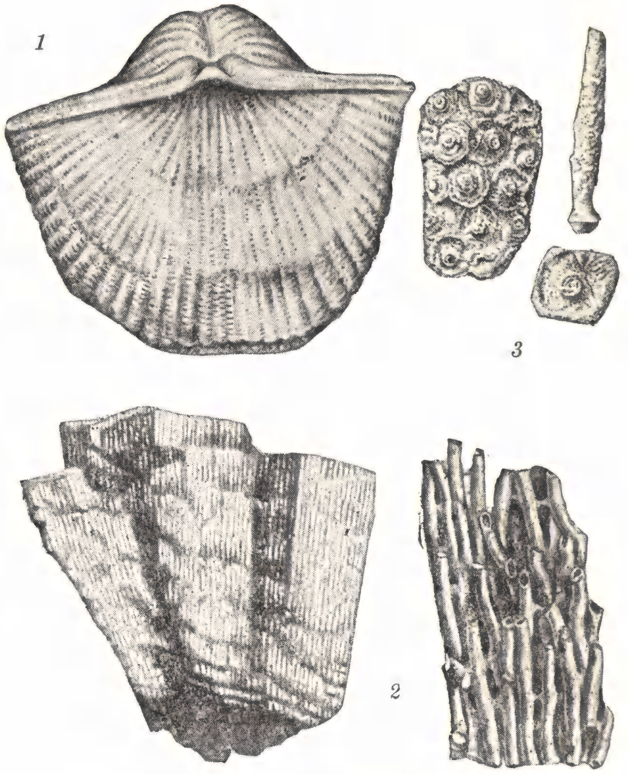
Если известно, что какое-то животное или растение существовало в определенное время, например в каменноугольный период, и затем исчезло, то, обнаружив его остатки в каком-либо слое земной коры, мы должны отнести время образования этого слоя к каменноугольному периоду.

Особенно ценными для геолога будут остатки таких организмов, которые существовали сравнительно недолгое время: присутствие их в слоях земной коры позволяет очень точно определить короткий отрезок времени истории Земли. А если подобные организмы были широко распространены по земному шару и расселились на больших площадях (в морях или на суше), то они еще бо́льшая ценность для геолога.

Представьте себе, что вы встречаете какую-нибудь двухстворчатую раковину древнего моллюска, изучаете ее особенности, устанавливаете принадлежность ее к определенному роду и определяете возраст, т. е. относительную древность, того слоя земной коры, в котором эта раковина была заключена. Предположим, что вы установили это где-нибудь недалеко от нашей столицы, изучая разрезы берегов р. Москвы. В то же время другими исследователями подобные же раковины были найдены в Поволжье, в Сибири, в различных пунктах Западной Европы. Следовательно, горные породы этих местностей можно отнести к тому же возрасту, что и слои окрестностей Москвы, содержащие эту раковину.

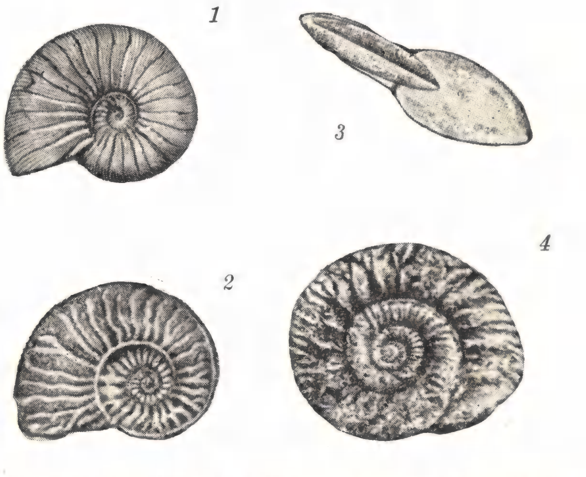
Подобные ископаемые организмы, позволяющие геологам определить возраст слоев земной коры и сопоставить время образования осадков в районах, далеко отстоящих друг от друга, называются руководящими окаменелостями. Облик этих организмов — наземных или обитателей моря — дает возможность геологам понять физико-географические условия минувших эпох, установить бывшие границы моря и суши, глубины морей, определить климат.

В обнажениях по рр. Москве, Пахре, в многочисленных каменоломнях в окрестностях столицы можно найти много прекрасных



Вымершие ископаемые животные (окаменелости), встречающиеся в подмосковных известняках. Эти животные обитали в теплом и неглубоком море, которое было под Москвой в каменноугольный период:

1 — плеченогое хориститес; 2 — коралловые полипы: хететес и сирингопора; 3 — пластинки и иглы от панцирей морских ежей.



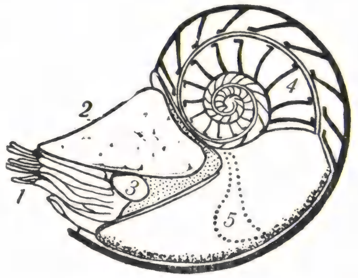
Спиральные раковины вымерших головоногих моллюсков — аммонитов, обитавших в юрских морях:

1 — виргатитес; 2 — кардиоцерас; 3 — краспедитес (вид спереди); 4 — перисфинктес.

руководящих окаменелостей. Вот, например, целая серия разнообразных коралловых полипов — обитателей теплых тропических морей каменноугольного периода, заключенных в толще белых и желтоватых известняков, отлагавшихся когда-то на дне этого моря в виде рыхлого известкового осадка. Формы организмов, близкие к подмосковным, встречаются также и на Урале, и в ряде других районов. Следовательно, возраст этих слоев тот же, что и подмосковных.

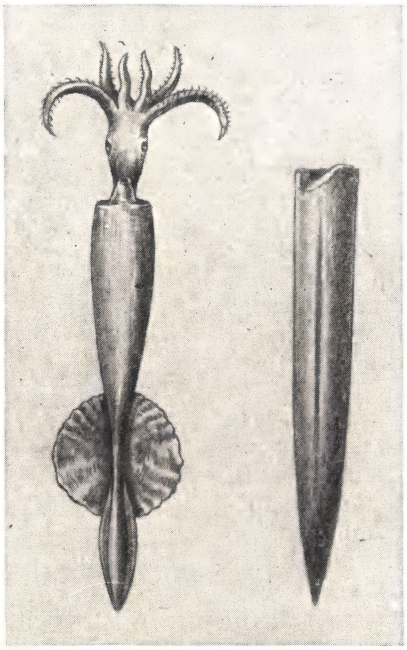
Рассмотрите внимательно разнообразные по форме и размерам, спирально закрученные, гладкие, ребристые или бугорчатые раковины вымерших головоногих моллюсков, называемых **аммонитами**[1]. Их очень много встречается в черных глинах и темно-зеленых глинистых песках в окрестностях Москвы, на рр. Оке и Волге и в других районах.

Аммониты, относящиеся к так называемым головоногим моллюскам, совершенно вымерли к началу кайнозойской эры. Современные головоногие моллюски не имеют раковин, как например осьминог и каракатица. В очень немногих районах (в Индийском океане и юго-западной части Тихого океана) доживает свой век только один представитель головоногих моллюсков с раковиной — **наутилюс**[2], или **кораблик**, очень похожий на аммонита.



Современный головоногий моллюск наутилюс, или кораблик. Спирально свернутая раковина наутилюса близка по своему строению к раковине аммонитов:

1 — щупальцы; 2 — капюшон; 3 — глаз; 4 — воздушные камеры; 5 — мускул.



Реконструкция белемнита (слева); остаток внутреннего скелета белемнита (справа).

От аммонитов — жителей юрского моря — осталось много окаменелостей, которые встречаются всюду, где сохранились морские отложения юрского периода. Таким образом, аммониты — прекрасные руководящие окаменелости.

Белемниты, или «чертовы пальцы», также представляют собой остатки особой вымершей группы древних головоногих моллюсков. До некоторой степени к ним близки ныне живущие каракатицы.

К числу хороших руководящих окаменелостей относятся также остатки различных ископаемых растений, остатки скелетов и зубы разнообразных позвоночных.

По остаткам ископаемых организмов историческая геология восстанавливает всю сложную историю Земли и жизни на ней. Палеонтология помогает также разрешать многие вопросы, связанные с изучением и современных живых существ.

Окаменелости не являются редкостью. Стоит только внимательно присмотреться к обнажающимся слоям песков, глин, известняков и других осадочных пород, ознакомиться с различными обломками, устилающими дно оврагов, русла рек или берега морей, чтобы найти самые разнообразные остатки ископаемых животных организмов.

Каждый школьник при желании может сделаться охотником за ископаемыми животными и собрать большую и интересную коллекцию различных окаменелостей. Определить и изучить собранные окаменелости вам помогут палеонтологические коллекции краеведческого музея, специальные атласы и определители.

Не нужно забывать, что даже в очень хорошо изученном геологами районе нередко можно найти новые, еще мало известные или совсем неизвестные окаменелости, которые помогут углубить и уточнить наши знания о прошлом Земли.

При сборе окаменелостей не забывайте точно записать, где найдена та или иная форма, в

[1] Раковины аммонитов, имеющие спиральную форму и нередко напоминающие бараний рог, находили еще в глубокой древности в Египте близ храма бога Аммона, которого египтяне изображали с головой барана с закрученными рогами. Отсюда и произошло название окаменелостей — «рога Аммона» или «аммониты».

[2] Наутилюс относится к другому отряду головоногих — наутилидам.

ТАБЛИЦА ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Эры	Периоды		Длительность в млн. лет	Основные этапы развития органического мира
Кайнозойская	четвертичный		1	Появление и развитие человека. Современная флора и фауна.
	третичный	неоген	25	Состав фауны и флоры близок к современному. Появление человекообразных обезьян. Появление и развитие новых групп млекопитающих из отрядов копытных, хоботных и хищников.
		палеоген	45	В морской фауне беспозвоночных распространены пластинчатожаберные и брюхоногие моллюски, фораминиферы и т. д. Вымирание в конце периода архаических млекопитающих — примитивных копытных и хищников (креодонтов). Широкое распространение покрытосемянных растений — древесных и трав. Появление новых групп млекопитающих — копытных, хоботных и приматов. Развитие основных групп млекопитающих — насекомоядных, грызунов и хищников.
Мезозойская	мел		40	Вымирание в конце периода головоногих моллюсков (аммонитов и белемнитов) и морских пресмыкающихся (ихтиозавров, плезиозавров и мозазавров), летающих ящеров и динозавров. Появление покрытосемянных растений. Развитие настоящих птиц. Появление новых групп динозавров — двуногих растительноядных, рогатых и панцирных. Развитие двустворчатых и брюхоногих моллюсков.
	юра		45	Появление первых птиц. Появление первых млекопитающих. Появление крокодилов и ящериц. Широкое распространение динозавров — зауропод (растительноядных) и хищных. Стегозавры. Развитие летающих ящеров. Расцвет морских пресмыкающихся — ихтиозавров и плезиозавров. Расцвет головоногих моллюсков — аммонитов и белемнитов. Широкое распространение голосемянных растений.
	триас		35	Вымирание стегоцефалов и древних пресмыкающихся — котилозавров и зверообразных. Появление морских пресмыкающихся — ихтиозавров и нотозавров. Появление новых групп наземных пресмыкающихся — черепах, клювоголовых и архозавров — псевдозухий и динозавров (хищные и зауроподы).
Палеозойская	пермь		40	Вымирание некоторых групп морских беспозвоночных — трилобитов, а также значительной части плеченогих, иглокожих и других групп. Развитие голосемянных растений. Развитие пресмыкающихся — котилозавров и зверообразных.
	карбон (каменноугольный)		50	Обновление морской фауны беспозвоночных — развитие фораминифер, кораллов, иглокожих, плеченогих и др. Появление первых пресмыкающихся. Расцвет стегоцефалов. Расцвет папоротникообразных — гигантских хвощей и плаунов, семенных папоротников.
	девон		35	Развитие папоротникообразных — папоротников, плаунов и хвощей. Вытеснение ими псилофитов. Появление первых наземных позвоночных — стегоцефалов. Появление всех основных групп рыб; вымирание панцирных бесчелюстных. Появление насекомых.
	силур		120	Появление первых позвоночных — бесчелюстных. Развитие псилофитов и папоротникообразных растений. Дальнейший расцвет беспозвоночных, появление новых групп — кораллов, граптолитов, червей, мшанок, морских ежей.
	кембрий		80	Широкое распространение различных типов беспозвоночных — губок, археоциатов, иглокожих (морских пузырей и морских лилий), моллюсков (пластинчатожаберных, брюхоногих и головоногих), плеченогих, трилобитов. Появление первых наземных папоротникообразных (споровых) растений — мхов, хвощей и папоротников.
Протерозойская			Около 1500	Появление беспозвоночных животных — одноклеточных (радиолярий и др.) и многоклеточных (губок, плеченогих, моллюсков, ракоскорпионов). Широкое распространение бактерий и водорослей.
Архейская				Появление одноклеточных растений — бактерий. Появление жизни на Земле.

каком пункте, в каком слое породы. Каждая окаменелость должна быть снабжена примерно такой этикеткой:

Местонахождение: правый берег р. Москвы, обнажение близ села Михайловского.

В какой породе найдена окаменелость: черная песчанистая глина у самой воды.

Название окаменелости: аммонит.

Дата: 15 июня 1959 г.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ «УГЛЕРОДНЫЕ ЧАСЫ»

Большинство природных химических элементов сочетается между собой в различных комбинациях и образует все богатое разнообразие окружающего материального мира. Никакие химические реакции не влияют на атомы этих элементов — в том смысле, что атомы остаются неизменными и всегда могут быть выделены посредством химических приемов в чистом виде из любого химического соединения.

Однако некоторые природные элементы (и все искусственно полученные) оказываются не вполне устойчивыми: их атомы время от времени «взрываются» сами собой и превращаются в атомы другого элемента. Такое превращение, или распад, атомов сопровождается радиацией, т. е. излучением, испусканием мелких заряженных частиц — α (альфа)-, β (бета)- и γ (гамма)-лучей; поэтому процесс этот назван радиоактивным распадом, а подверженные ему неустойчивые элементы называются радиоактивными или просто активными элементами. Среди природных элементов известно много радиоактивных, как например уран, радий, торий, калий, рубидий и др.

Каждый активный элемент, распадаясь, «порождает» всегда «дочерний» элемент, который может оказаться неустойчивым и будет превращаться в новый элемент. В этом случае получается радиоактивный ряд, т. е. последовательная «цепочка» элементов, связанных между собой «кровным родством».

Так, известны и хорошо изучены радиоактивные ряды тяжелых элементов — урана, актиноурана и тория. Превращение всякого активного элемента в конце концов заканчивается на вполне устойчивом элементе. Так, из урана, актиноурана и тория образуются свинец и газ гелий, из калия — кальций и газ аргон, из рубидия — стронций и т. д.

Для каждого элемента характерна своя скорость распада; она наглядно выражается так называемым периодом полураспада, т. е. временем, за которое количество радиоактивного элемента вследствие его распада уменьшается в два раза.

Скорость распада различных элементов неодинакова. Так, полураспад урана происходит за 4,5 млрд. лет, полураспад калия — за 1,4 млрд. лет, радия — за 1590 лет.

Многие искусственно полученные активные элементы распадаются очень быстро: жизнь некоторых из них продолжается доли секунды.

В природе могут существовать независимо только долгоживущие активные элементы. Недолговечные элементы могут уцелеть лишь в тех случаях, когда их быстрая убыль (вследствие распада) непрерывно пополняется новообразованием.

Радиоактивность элемента проявляется всюду одинаково при любых внешних условиях; она не зависит от них, как не зависит и от характера химического соединения, в котором находится этот элемент.

Процесс распада радиоактивных веществ совершается со строго определенной скоростью. Если какой-либо природный минерал содержит радиоактивный элемент, например уран или калий, то в этом минерале с течением времени количество урана или калия будет убывать и одновременно непрерывно будут накапливаться конечные продукты их распада, о которых говорилось выше.

Таким образом, химический состав радиоактивного минерала очень медленно и закономерно изменяется во времени. Так как известно заранее, сколько, например, гелия и свинца образуется из определенного количества урана за один год, то по этому изменению, т. е. по убыли радиоактивного элемента и по накоплению соответственных конечных продуктов

его распада (гелия, свинца, аргона, кальция и т. п.), можно вычислить время существования такого минерала. Так, например, по соотношению свинца и урана в урановых минералах или по соотношению аргона и калия в калиевых минералах ученые определяют их абсолютный геологический возраст, т. е. число лет, прошедших с момента образования минерала до наших дней.

Определив возраст минералов, можно узнать и возраст горных пород, включающих эти минералы. Такой метод дает возможность определить продолжительность отдельных геологических периодов, т. е. позволяет составить более полную хронологию геологической истории Земли и установить приближенный возраст земной коры и самой Земли. Все эти возрасты измеряются огромными отрезками времени — десятками, сотнями и тысячами миллионов лет.

Так распад природных долгоживущих радиоактивных элементов при определенных условиях дает в руки исследователей своеобразные «геологические часы» для измерения очень длительных периодов времени. Эти «часы» идут миллионы лет с неизменной точностью. Однако, чтобы пользоваться этими «часами», нужно иметь большие знания в области химии, физики, геологии и других наук.

Совсем недавно, несколько лет назад, ученые разработали новый метод определения возраста — углеродный метод. Этот метод также основывается на законе радиоактивного распада элементов. Сущность его состоит в следующем: под действием космических лучей, вторгающихся в земную атмосферу из мирового пространства, в атмосфере происходят реакции, при которых одни химические элементы превращаются в другие.

В частности, атомы азота N^{14} превращаются в атомы особой разновидности углерода с атомным весом 14 (в то время как обычный углерод имеет атомный вес 12).

Этот космический «радиоуглерод» C^{14} отличается от обычного земного углерода тем, что он радиоактивен.

Радиоуглерод излучает частички бета (β) и превращается снова в азот.

Радиоуглерод не мог бы долго существовать на Земле и исчез бы полностью меньше чем за 50 тыс. лет, если бы его земной запас не пополнялся все время за счет космического новообразования его в верхней части земной атмосферы.

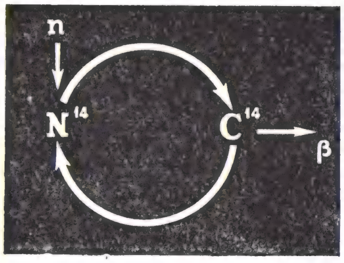


Схема ядерной реакции превращения атомов азота (N^{14}) под влиянием космических лучей (n) в атомы радиоуглерода (C^{14}). Радиоуглерод излучает бета-частицы (β) и превращается снова в азот (N^{14}).

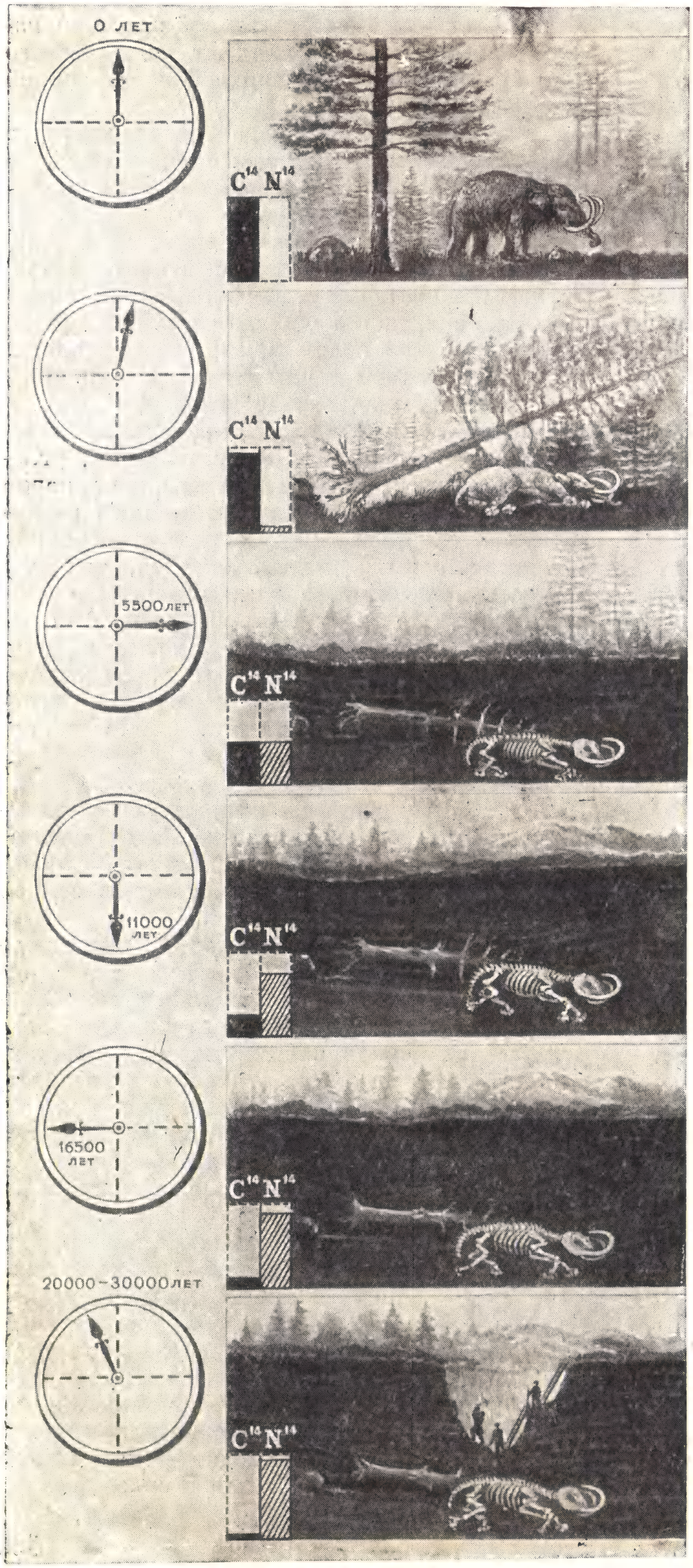
Таким образом, в природе совершаются два противоположных процесса: образование в атмосфере C^{14} из азота и непрерывный распад C^{14} и обратное превращение его в азот. Оба эти процесса уравновешивают друг друга. Между разными формами углерода в природе происходит непрерывный углеродный обмен: радиоуглерод, образуясь в верхней части атмосферы, не остается в ней целиком, а распространяется по всей атмосфере и переходит в океан.

Растения, усваивающие углерод, также неизбежно должны содержать примесь этого радиоактивного углерода. Таким образом, углерод всех живых организмов содержит примерно такую же постоянную порцию примеси радиоуглерода (C^{14}), как и углерод атмосферной углекислоты (CO_2) и воды океанов, так как между всеми этими формами углерода в природе происходит непрерывный углеродный обмен. В отмершем органическом веществе, если оно каким-либо способом уцелеет от разрушения, углеродный обмен с атмосферной углекислотой (CO_2) прекращается. Запас радиоуглерода больше не пополняется из атмосферы, и концентрация его начинает убывать.

«Радиоуглеродные часы» начинают отсчитывать время с момента отмирания организма, или, точнее, с момента прекращения углеродного обмена исследуемого объекта с земной атмосферой.

Если определить количество C^{14} в углероде живых растений или в атмосфере в настоящее время и сравнить его с количеством C^{14} в углероде ископаемой древесины или древесном угле, захороненном в геологических пластах, то можно вычислить их возраст, т. е. время, прошедшее с момента начала действия «углеродных часов». Чем больше прошло времени, тем меньше содержится C^{14} в ископаемых объектах.

Надо помнить, что радиоуглерод недолговечен по сравнению с такими долгоживущими элементами, как уран, торий, калий, рубидий. Поэтому углеродным методом можно определять только сравнительно молодые геологические и археологические находки — не старше 20—30 тыс. лет. В более древних



В период великого оледенения значительная часть поверхности Земли была покрыта льдом до 2 км толщиной. В это время появились холодолюбивые виды животных: мамонт, мускусный овцебык и др. Содержание радиоактивного углерода C^{14} *в живом органическом веществе в то время было такое же, как и теперь.*

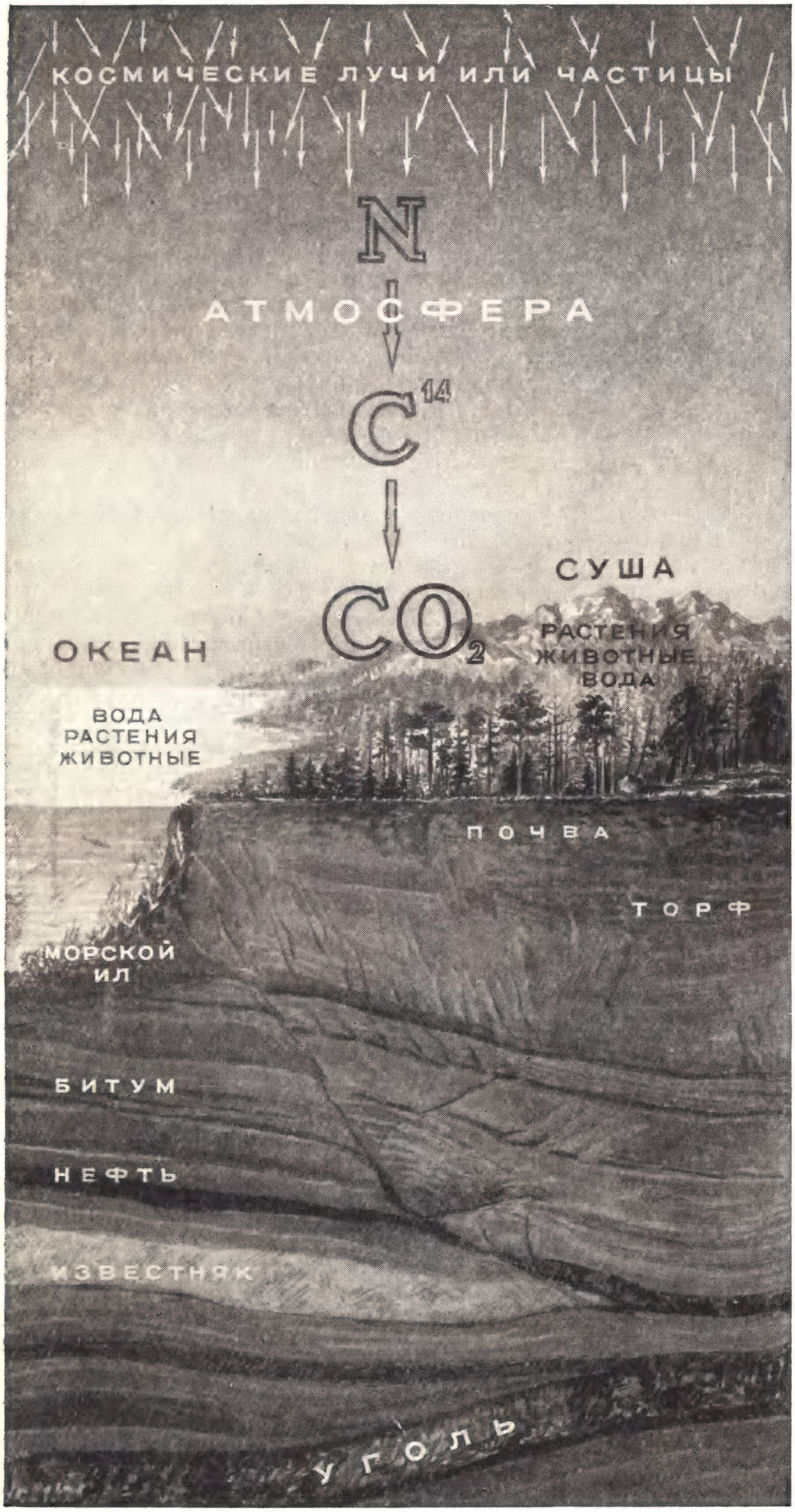
Животные и растения, захороненные в вечной мерзлоте, сохранялись тысячелетиями. Начальная стадия сохранения мертвых органических остатков характеризуется ничтожным распадом в них радиоактивного углерода C^{14}.

К началу современного, послеледникового периода радиоуглерода в захороненных животных и растениях содержалось лишь около половины количества, имевшегося в них при жизни. Это содержание C^{14} *соответствует длительности его полураспада, равной 5500 годам.*

В послеледниковый период были обширные степи с осоковыми или полынными зарослями. В небольших и редких лесах росли главным образом ели и лиственницы. Граница этих лесов лежала почти на 200 км севернее, чем теперь. Избыток воды, замедленный сток и низкие температуры благоприятствовали образованию болот и торфяников, надежно консервировавших мертвое органическое вещество. Определение содержания C^{14} *в различных геологических отложениях позволяет установить возраст каждого из них.*

Распад радиоуглерода идет строго закономерно и независимо от местонахождения органического вещества и условий его хранения. За каждые 5500 лет содержание C^{14} *в нем уменьшается в два раза, и чем меньше остается* C^{14} *в органическом веществе, тем сложнее определить его точное количество.*

Ничтожно малое содержание C^{14} *в древних остатках, определяемое самыми точными современными методами, позволяет установить возраст их только в том случае, если он не больше 20 000—30 000 лет. При более длительном распаде* C^{14} *остаточное содержание его в органическом веществе оказывается неопределимым и «углеродные часы» перестают отсчитывать время.*



объектах остается не более 3% начального количества радиоуглерода. Эта концентрация настолько мала, что не поддается измерению. «Углеродные часы» останавливаются.

Радиоуглеродный метод был проверен на археологических находках, даты которых были точно установлены историческими документами.

Ученые, например, определили углеродным методом возраст образцов дерева из гробниц и других памятников Египта и Сирии, и он приблизительно совпал с возрастом, который был установлен археологами и историками. В настоящее время этим методом широко пользуются, чтобы установить хронологию доисторического периода. Так были получены интересные материалы о времени расселения доисторического человека по материкам Евразии и Америки и была составлена хронология древних мало изученных культур, как алеутская, перуанская и др. Установлено, например, что начало последнего мощного наступления ледника в Северной Америке и в Европе происходило примерно 11 тыс. лет назад.

Материалом для исследования при этом методе служат самые разнообразные предметы, содержащие углерод: остатки одежды, уголь древних очагов, изделия из дерева и коры, обожженные кости животных, пласты торфа, озерный ил и т. д.

Схема кругооборота углерода в природе:

Зона образования C^{14} в атмосфере. В океане и на суше зона распространения радиоуглерода C^{14} и непрерывного углеродного обмена. В почве, торфе, морском иле происходит распад радиоуглерода. Слои, где залегают нефть, уголь, известняки, лишены радиоуглерода, так как он распался.

Этот же метод применяется для изучения скорости отложения осадков в море и темпов перемешивания океанических вод. Для этого определяют содержание радиоуглерода в донных осадках и в морской воде.

Определение количества природного радиоуглерода — операция очень тонкая и сложная. Содержание его в обычном углероде ничтожно. Наибольшее содержание C^{14} в современном углероде не превышает 1,5 микрограмма [1] в тонне. В древнем углероде концентрация C^{14} еще меньше, соответственно возрасту объекта. В мертвом органическом материале за каждые 5500 лет содержание C^{14} убывает вдвое. В древних ископаемых, таких, как каменный уголь, нефть, известняки и т. п., радиоуглерод полностью распался и исчез.

Количественное определение C^{14} в образцах производится после длительной химической подготовки, которая необходима для того, чтобы очистить углерод от всевозможных активных примесей. Определение C^{14} сводится к измерению радиоактивности выделенного углерода на специальной счетной установке, которая способна отсчитывать каждый распавшийся атом радиоуглерода в исследуемом образце. Для получения необходимой точности анализа его производят в течение долгого времени (около двух суток).

Появление углеродного метода обязано целиком успехам современной ядерной физики. Любопытно, что радиоуглерод был сперва получен искусственно в лабораторных условиях, при изучении ядерных реакций с нейтронами [1]. Исследование условий появления C^{14} привело ученых к выводу, что радиоуглерод должен существовать и в природе, где имеет место процесс взаимодействия нейтронов с атмосферным азотом. Американский радиохимик Либби теоретически подсчитал, какое количество C^{14} должно быть в атмосфере, и пришел к выводу, что концентрация его хотя и чрезвычайно мала, но все же доступна для измерения современными радиометрическими средствами. В 1949 г. радиохимики Арнольд и Либби осуществили соответствующие проверочные измерения C^{14}, и опыты подтвердили правильность их теоретического предположения. Несмотря на сложность исследований и ограниченность применения углеродного метода, в связи с тем, что возраст изучаемых объектов не должен превышать 20—30 тыс. лет, при помощи его уже получено много определений возраста.

Так человеческий гений все глубже проникает в явления природы и познает ее законы, а это дает возможность понять события, происходившие на земном шаре в очень и очень далекие времена.

[1] Микрограмм — одна миллионная часть грамма.

[1] Нейтрон — элементарная частица, входящая в состав атомных ядер и не несущая никакого электрического заряда.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ ГОРЫ

Кавказ подо мною. Один в вышине
Стою над снегами у края стремнины;
Орел, с отдаленной поднявшись вершины,
Парит неподвижно со мной наравне,
Отселе я вижу потоков рожденье
И первое грозных обвалов движенье...

А. С. Пушкин

Если вы еще не бывали в горах, то все же, несомненно, имеете представление о них. Горы можно увидеть на картинах художников. О горах рассказывается не только в учебниках географии, но и в произведениях наших писателей и поэтов. Вам, конечно, знакомо стихотворение А. С. Пушкина «Кавказ» и яркие строки, посвященные Кавказу, в произведениях М. Ю. Лермонтова. Вы, вероятно, читали повесть Л. Н. Толстого «Казаки», в которой он так живо передает впечатления Оленина, впервые увидевшего горы.

Горы, действительно,— живописнейшие области земного шара. Величественны и прекрасны сверкающие вечными снегами вершины Тянь-Шаня, Кавказа, Альп, неприступные белоснежные громады Гималаев; хороши и суровые хребты Урала, увенчанные причудливо выветренными скалами, поднимающимися, как сторожевые башни, над хаосом каменных глыб; хороши зеленые склоны и долины Карпат с быстро бегущими речками.

Горы привлекают человека не только своей красотой. В недрах их скрыты рудные богатства, с добычей и использованием которых связано культурное развитие человечества. Быстрые горные реки — могучий источник энергии. Чистый горный воздух и разнообразные минеральные источники, которыми особенно богаты молодые горы, восстанавливают силы и здоровье больных и усталых людей.

Горы издавна заселялись людьми. Следы древнейших стоянок и старинных горных разработок обнаружены в Средней Азии, в труднодоступных горах Тянь-Шаня и Памира, на Урале, Кавказе, в области величественных хребтов Анд. Особенно интересны и привлекательны горы для геологов. Они изучают их, чтобы понять их строение и использовать скрытые в них богатства.

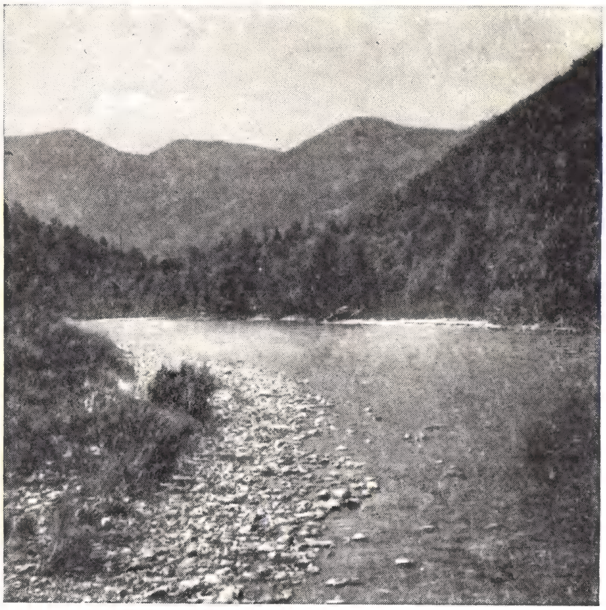
Со строением гор можно познакомиться достаточно хорошо, не закладывая буровых скважин и не роя глубоких шахт: строение гор вскрывается в ущельях и на обнаженных склонах в долинах рек.

Совершим мысленно путешествие по долинам рек Северного Урала и познакомимся со строением этого хребта. Чтобы пересечь Северный Урал, надо подняться на лодке по одному из сбегающих с него притоков Печоры, перевалить пешком через горный водораздел и спуститься на плоту по одной из рек восточного склона, принадлежащих бассейну р. Оби. По берегам уральских рек выступают живописные скалы и обнаженные обрывы, или обнажения. Вы увидите, что они состоят из осадочных пород: известняков, песчаников, конгломератов, глинистых и кремнистых сланцев. В этих породах встречаются отпечатки и окаменелые остатки вымерших организмов; особенно их много в известняках.

Отложения известняков говорят о том, что миллионы лет назад здесь было открытое, неглубокое теплое море, на дне которого существовали морские животные, имевшие известковые скелеты.

Песчаники с остатками морских организмов и с отпечатками растений, которые видны здесь, отложились в области морского побережья или морских островов, а песчаники и глины с остатками растений и пресноводных животных — речные или озерные осадки. В береговых обнажениях рек западного склона Урала выступают главным образом пласты морских отложений.

Остатки организмов, встречающиеся в горных породах, позволяют не только определить условия, в которых эти породы образовались,



В Карпатах. Река Тисса ниже города Рахова.

Пик Ленина. Высота 7134 м над уровнем моря.

но дают возможность выяснить, какие из пластов отложились раньше, а какие позже. Более подробно об этом рассказывается на стр. 155—164.

Геологи делят историю Земли на пять крупных отрезков времени, или эр: археозойскую (эру древнейшей жизни), протерозойскую (эру первичной жизни), палеозойскую (эру древней жизни), мезозойскую (эру средней жизни) и кайнозойскую (эру новой жизни). Продолжительность эр измеряется сотнями миллионов лет. Они, в свою очередь, подразделяются на периоды, длительность которых измеряется десятками миллионов лет. Из таблицы на стр. 163 вы можете узнать, какие изменения происходили в органическом мире на протяжении истории Земли, какие группы животных и растений характерны для каждого периода.

Изучение ископаемых остатков животных и растений, встречающихся в пластах, слагающих Уральский хребет, показывает, что они отлагались в течение палеозойской эры истории Земли. По мере того как вы будете продвигаться на восток, в прибрежных скалах уральских рек будут выступать пласты все более и более древних отложений палеозойской эры.

Вдоль самой западной окраины Урала протягивается с севера на юг полоса осадков, образовавшихся в последнем, пермском периоде

Камень Лек-из (на языке коми—«Дурной камень») на реке Имог, притоке реки Печоры, состоит из известняков каменноугольного периода.

этой эры. Породы, отложившиеся в начале пермского периода, состоят из песчаников, конгломератов и глинистых сланцев с морской фауной, а осадки второй половины пермского периода образовались не в море, а в реках и озерах; в них встречаются остатки растений, пресноводных моллюсков и рыб, а в одном обнажении на берегу Верхней Печоры были найдены кости крупных вымерших пресмыкающихся.

На Полярном Урале, в бассейне притока Печоры р. Усы, среди пермских отложений находятся многочисленные пласты угля. Здесь в 1926 г. проф. А. А. Черновым был открыт богатейший Печорский угленосный бассейн. В пределах Верхней Печоры пермские отложения совсем не содержат углей. Зато здесь обнаружены залежи каменной соли и ценных калийных солей.

Мощность отложений пермского периода на западном склоне Северного Урала очень велика; она достигает нескольких километров.

Далее к востоку от полосы пермских пород в предгорьях западного склона Урала протягивается полоса отложений каменноугольного периода, предшествовавшего пермскому. Это главным образом известняки с остатками морских животных. В этих районах Урала места особенно живописны. Присматриваясь к выглаженной водой поверхности известняков, можно как бы заглянуть на дно каменноугольного моря, где видны разнообразные раковины, большие колонии кораллов или целые пласты пород, состоящие из члеников стеблей морских лилий и игл морских ежей. Рассматривая известняк в лупу, можно убедиться, что он часто состоит весь из мельчайших раковин корненожек — фораминифер.

Среди отложений, образовавшихся в начале каменноугольного периода, кроме известняков, встречаются пласты песчаников с растительными остатками, а местами и с пластами каменного угля. Значит, в то время наблюдалось обмеление моря и местами появлялась суша, покрытая богатой растительностью, давшей материал для образования угля. Крупные месторождения углей каменноугольного возраста давно разрабатываются на Среднем Урале, близ города Кизела, добывается уголь также и на Печоре.

За полосой каменноугольных известняков появляется область более древних отложений — девонского, а затем и силурийского периодов. Они тоже состоят частью из известняков, частью из песчаников. Встречаются среди них

Камень Высокий на реке Унье, притоке реки Печоры, состоит из известняков девонского периода.

Круто падающие к востоку пласты известняков каменноугольной системы на реке Унье.

кремнистые и глинистые сланцы — памятники более глубоководных районов моря.

Осматривая скалы палеозойских пород, выступающие по берегам рек, мы замечаем, что слои не лежат горизонтально. Пласты известняков в береговых скалах обычно наклонены, или «падают», в ту или иную сторону под меньшим или большим углом к горизонту. Иногда пласты стоят вертикально. Эти наклонные и вертикальные пласты — части больших, полуразрушенных складок. Размеры складок очень разнообразны: от самых малых, измеряющихся сантиметрами, до громадных, имеющих десятки километров в длину, сотни и тысячи метров в ширину. Такие большие складки могут образовать высокие горные гряды (см. рис. справа).

Наиболее древние и наиболее измененные осадки слагают главный Уральский хребет. По мере того как вы будете приближаться к нему, станут открываться живописные виды на вершины окружающих гор.

Рассматривая обнаженные скалы и осыпи на вершинах Уральских гор, вы встретите кристаллические сланцы, образовавшиеся в результате изменения осадочных пород; кварциты, слюдяные сланцы, реже — мраморы. Часто можно наблюдать, как эти породы переслаиваются с зелеными сланцами иного происхождения, образовавшимися благодаря метаморфизации (см. стр. 101) базальтовых лав.

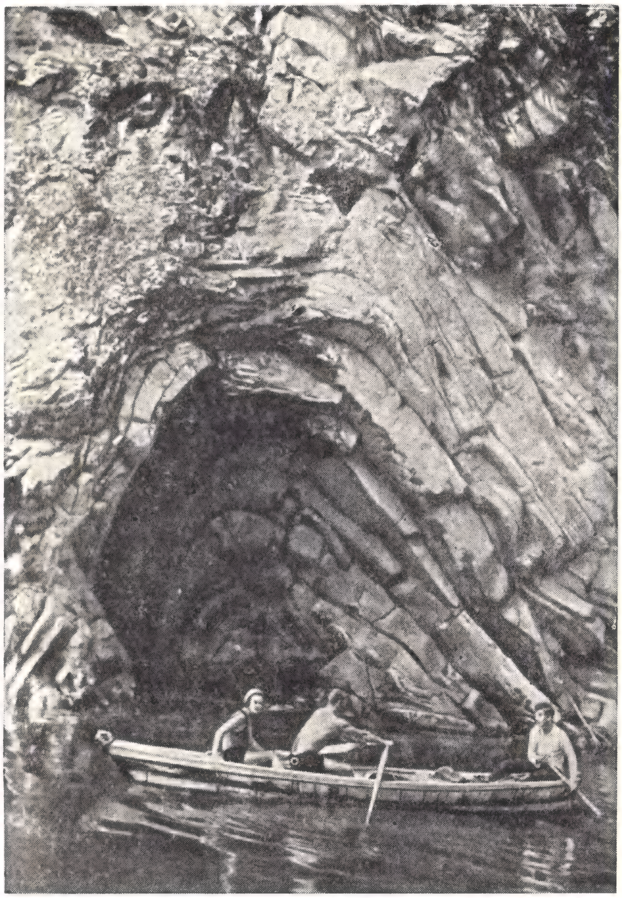
Предполагают, что древние кристаллические сланцы Урала относятся к отложениям кембрийского периода и частью даже протерозойской эры.

Ряд вершин Уральских гор состоит из глубинных изверженных пород: гранитов, габбро и др.

В области древних сланцев горной полосы, особенно там, где распространены граниты и габбро, встречаются разнообразные рудные месторождения, которыми так славится Урал. Здесь есть золото, платина, серебро, свинцовые и цинковые руды, железо, медь и ряд других металлов.

Если вы перевалите через Уральский хребет и будете спускаться по долинам рек его восточного склона, вы снова вступите в область палеозойских отложений. Они будут отличаться от соответствующих им по возрасту осадков западного склона обилием вулканических пород.

У самой окраины восточных предгорий Урала, на границе их с обширной Западно-Сибирской низменностью, выступают более молодые отложения, образовавшиеся в течение мезозойской и кайнозойской эр. Эти морские и континентальные осадки покрыты четвертич-

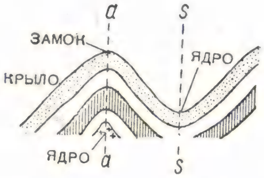


Палеозойские известняки на берегу реки Чусовой на Урале, образующие антиклинальную складку (видно ее ядро).

ными породами ледниковой эпохи. В отличие от палеозойских отложений они лежат горизонтально.

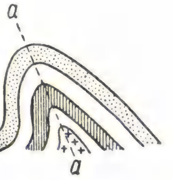
Что можно сказать о происхождении Уральского хребта на основании того, что вам пришлось видеть при его пересечении?

В каком направлении действовали силы, вызывавшие складкообразование? Косые, опрокинутые и лежачие складки в горах прямо указывают, в каком направлении действовали силы, сминавшие пласты. Такие складки, несомненно, образовались под влиянием бокового, горизонтального давления. Это давление чаще всего было односторонним, так как в каждой горной области складки обычно опрокидываются и ложатся в одном преобладающем направлении. На западном склоне Урала складки наклонены и опрокинуты к западу под влиянием давления, которое шло с востока. Прямая складка может возникнуть в результате давления как снизу вверх, так и действующего с боков, в горизонтальном направлении. Это легко проверить на простом опыте. Если положить на стол пачку листов бумаги, подвести под нее палочку и поднимать ее, то бумага изогнется и образует прямую **антиклинальную складку**. Такую же складку можно получить, осторожно сдавливая с двух сторон руками листы бумаги, лежащей на столе. Как вы видите, складки образуются в результате нарушения первоначального залегания пластов. Такие нарушения в залегании пластов земли называют **дислокациями**.



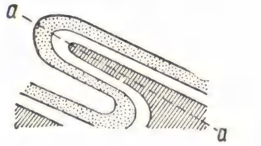
Антиклинальные и синклинальные складки (а — а *осевая плоскость антиклинали*, s — s *осевая плоскость синклинали*).

Вы убедились в том, что Уральский хребет сложен мощной толщей осадочных пород палеозойского возраста и почти исключительно морского происхождения. Среди последних в горной полосе и на восточном склоне много излившихся вулканических пород. Это свидетельствует о том, что на месте Урала в палеозое было море, на дне которого происходили извержения подводных вулканов и мощные излияния лав.

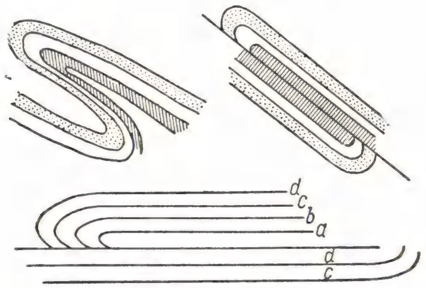


Косая антиклинальная складка.

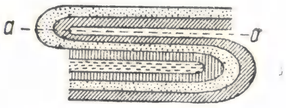
Мощность палеозойских отложений на Урале велика; она достигает 10—12 *км*. Как же



Опрокинутые антиклинальная и синклинальная складки.



Опрокинутая складка (слева); складка-сдвиг (справа) и складка-наволок (внизу). Буквами обозначены пласты, переместившиеся после разрыва складки.



Лежачие антиклинальная и синклинальная складки.

могла образоваться толща осадков такой громадной мощности? Это можно объяснить только тем, что в области морского бассейна, находившегося на месте нынешнего Урала, по мере накопления осадков происходило опускание морского дна.

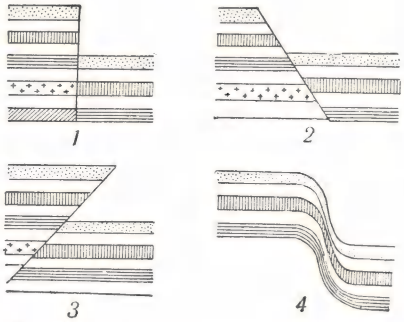
В конце палеозойской эры слои, отлагавшиеся в течение многих миллионов лет, были смяты в складки и со дна Уральского моря поднялись могучие горные хребты. Особенно значительные поднятия произошли в области нынешней горной полосы.

Складки, с которыми можно познакомиться во многих обнажениях Урала, имеют довольно сложное строение. Геологов давно интересовали условия, при которых они образуются. Для возникновения изгибов мощных пластов песчаников и известняков породы должны были находиться в особо податливом, пластичном состоянии. На поверхности земли эти породы в привычных для нас условиях жесткие: они не способны давать плавные изгибы и должны раскалываться под напором внутренних сил Земли. Пластичность породы приобретают в глубинах земной коры, поэтому геологи сделали вывод, что и *складки, образующие горы, возникают в глубоких недрах Земли.*

Формирование Уральских гор сопровождалось внедрением расплавленной магмы, образовавшей медленно остывавшие подземные очаги — батолиты (см. стр. 95). Из этих остывающих очагов поднимались и проникали в трещины окружающих пород раскаленные пары и газы, горячие растворы. С ними связано образование тех месторождений руд и драгоценных камней, которыми славится Урал. Разрушение Уральского хребта, продолжающееся многие миллионы лет, вскрыло застывшие в глубине батолиты, которые выступают теперь на поверхность.

Знакомясь с историей образования Урала, можно убедиться, что на его месте в течение палеозойской эры находилась область длительного прогибания, залитая морем. На дне этого моря происходило накопление мощных толщ осадков, способных сминаться в складки. Такие области получили название г е о с и н к л и н а л е й. В конце палеозоя (в пермском периоде) и в начале мезозоя (в триасе) в Уральской геосинклинали произошли крупные горообразовательные процессы и возникли высокие горные цепи.

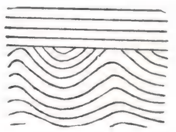
Возникновение гор на месте геосинклиналей — основной закон горообразования, который подтверждается изучением любой горной страны.



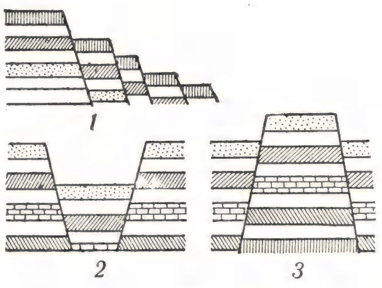
Различные типы простых сбросов:
1 — прямой сброс; 2 — нормальный косой сброс; 3 — обращенный косой сброс; 4 — флексура (опускание одного участка относительно другого без разрыва слоев).

Согласно залегающие горизонтальные слои.

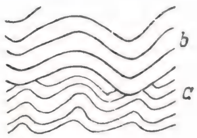
Согласно залегающие слои, смятые в складки.



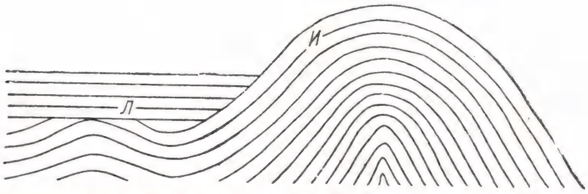
Горизонтальные слои, несогласно покрывающие слои, смятые в складки.



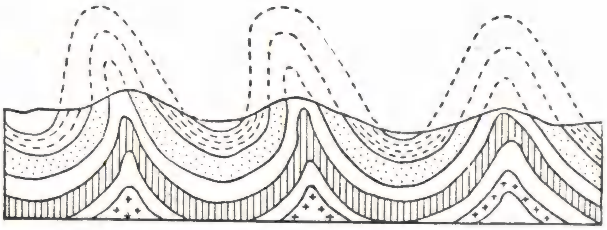
Типы сложных сбросов:
1 — ступенчатый сброс; 2 — грабен; 3 — горст.



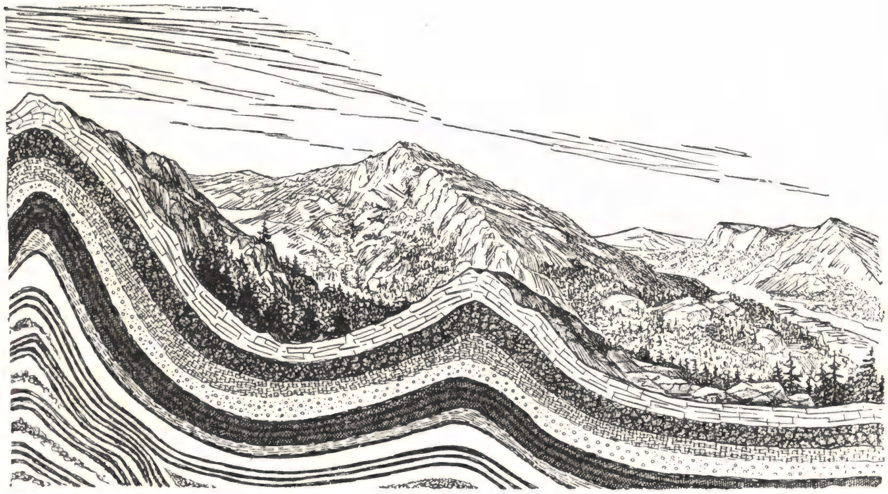
Две толщи смятых в складки слоев (a и b), залегающих несогласно.



Схема, поясняющая способ определения возраста слоев. И — более древние слои, чем Л.



Так выглядят разрушенные антиклинали и синклинали. Пунктиром показано, как складки выглядели ранее.



Антиклинали, образующие горные гряды, возникли на месте геосинклиналей.

канов Эльбруса и Казбека. Если горы старого Урала производят впечатление древних развалин, обломков былого величия, то при виде сверкающих вершин Кавказа ощущаешь всю мощь тех сил, которые подняли далеко за пределы облаков эти могучие хребты. Кажется, что они вечны и незыблемы.

Громадные обнаженные стены и обрывы непрерывно тянутся по берегам долины р. Терека, глубоко вре́завшегося в предгорья и северный склон Главного Кавказского хребта. Так же как на Урале, по мере продвижения к водоразделу вы увидите в обрывах все более и более древние слои осадочных пород, смятые в могучие складки. Однако возраст всех этих пород значительно моложе, чем на Урале. Это отложения третичной системы, представленные песчаниками, глинами и различными обломочными породами. Они протягиваются широкой полосой по окраине северного склона Кавказа, как это можно видеть на геологической карте (см. стр. 176—177). В третичных осадках северного склона Кавказа, близ гг. Грозного, Майкопа и в некоторых других местах встречаются залежи нефти.

Третичные отложения сменяются морскими породами, образовавшимися раньше, в мезозойской эре (в юрском и меловом периодах). Среди последних самые древние— глинистые сланцы, отложившиеся в начале юрского периода. Они выступают на большом протяжении вдоль Военно-Грузинской дороги до Дарьяльского ущелья и смяты в многочисленные крутые складки. Около селения Ларс эти слои превращены в плотные кровельные, или

Чтобы убедиться в этом, совершим еще путешествие на Кавказ: пересечем Главный Кавказский хребет.

Через Главный Кавказский хребет проложены дороги — Военно-Грузинская, Военно-Осетинская и Военно-Сухумская. По ним можно проехать на лошадях или пройти пешком. Для геолога пешеходный способ передвижения, конечно, самый подходящий: он может останавливаться там, где захочет, и осматривать по пути все, что ему интересно.

Можно отправиться в поход по Военно-Грузинской дороге от города Орджоникидзе до Тбилиси.

Из Орджоникидзе открывается прекрасный вид на Кавказский хребет, особенно в утренние часы, когда горы еще не закрыты облаками, обычно окутывающими вершины к полудню. За зелеными грядами передовых хребтов высоко к голубому небу поднимаются покрытые вечными снегами громады. Среди зубчатых гребней с причудливыми очертаниями выше всех сияют белоснежные купола двух исполинов Кавказа — потухших вул-

Столб выветривания на вершине горы Болвано-из в истоках реки Печоры.

аспидные, сланцы, которые добываются здесь для строительных целей. Среди сланцев встречаются покровы древних лав и прослои вулканических туфов, указывающие, что в юрском периоде в море на месте Кавказа происходили вулканические извержения.

Грандиозное и мрачное Дарьяльское ущелье прорыто Тереком в массиве древних гранитов. Отвесные гранитные стены поднимаются здесь до высоты 1400 *м*. Выше лежат покрывающие их юрские кварциты и сланцы, образующие здесь громадную антиклинальную складку.

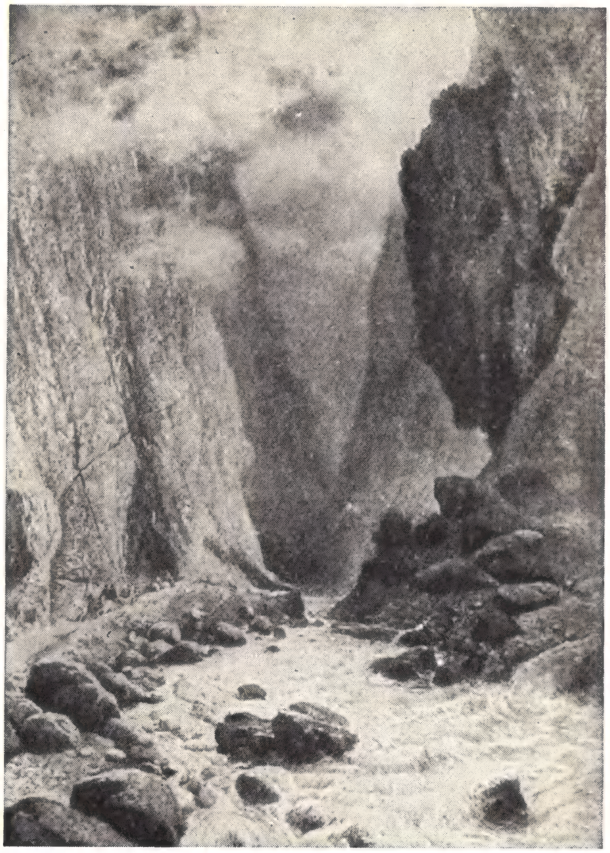
В ее ядре выступают древнейшие граниты Кавказского хребта, образовавшиеся задолго до юрского периода.

После пересечения древних гранитов Дарьяльского ущелья мы снова вступаем в область отложений пород юрского возраста и приближаемся к интересной молодой вулканической области горы Казбек. Этот могучий вулкан как бы насажен на Кавказский хребет. Он не действует в настоящее время, но его последние извержения происходили недавно, в конце ледниковой эпохи. Спускавшиеся с Казбека потоки лавы доходят до долины Терека и Военно-Грузинской дороги. Первый поток, который вы встретите, спустился в долину Терека, перекрыл его русло и заставил реку отклониться к востоку и прорыть себе новое русло. Темно-серые и красные лавы другого потока, стекавшего с Казбека, разрабатываются для нужд химических заводов. Из них выделывают-ся литые кислотоупорные камни.

Из селения Казбек открывается прекрасный вид на величественный потухший вулкан Казбек. Отсюда можно подняться на ледники и снежную вершину Казбека и по пути полюбоваться цветущими альпийскими лугами.

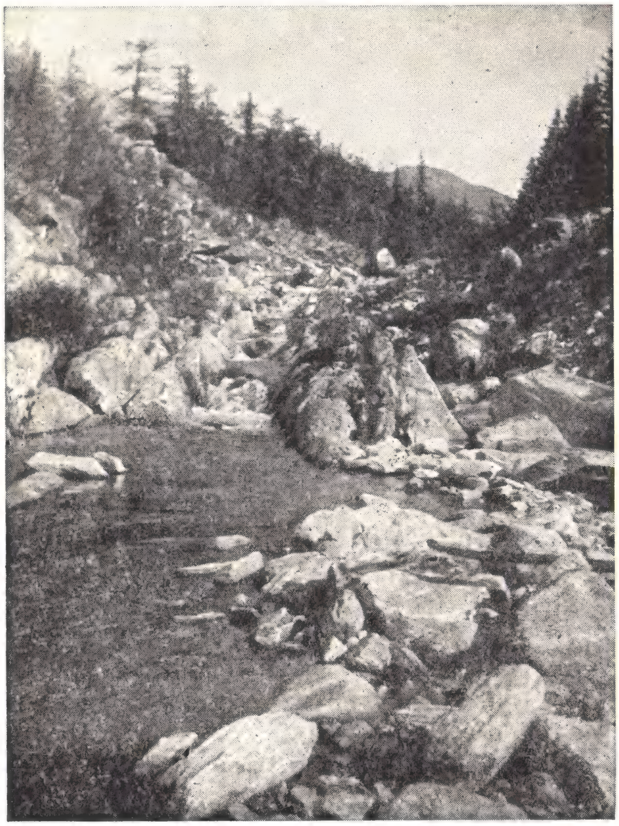
Казбек не единственный вулкан в этой части Кавказа. Миновав его, Военно-Грузинская дорога проходит у подножия вулкана Кабарджин, о многократных извержениях которого говорят потоки лав разного состава, а еще дальше в долину Терека спускается мощный лавовый поток вулкана Хурисор.

После селения Коби дорога покидает долину Терека и поднимается на Крестовый перевал по ущелью, вырытому в светлых юрских известняках и мергелях. По склонам долины видны мощные толщи известкового туфа, отложенные многочисленными углекислыми известковыми источниками. Углекислота, повидимому, поступает из того вулканического очага, из которого недавно изливалась лава.



Дарьяльское ущелье.
(Картина художника Р. Г. Судковского.)

Вид города Мцхета.



Вершины хребта Щуко-пом-из на Северном Урале.

От Крестового перевала до селений Млети и Пасанаур дорога продолжает пересекать область, состоящую из осадков юрского периода, смятых в складки, опрокинутые к югу. Таким образом, вся центральная часть Главного Кавказского хребта и область перевала состоят из юрских пород. Это хорошо можно видеть на геологической карте (см. стр. 176—177).

Продолжим наше путешествие.

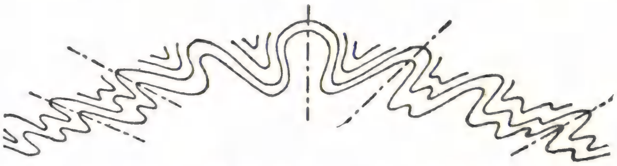
Если пойти от Гудаури вниз по долине Белой Арагви, можно увидеть мощный поток базальтовой лавы, спустившийся к северу. По крутому, отвесному обрыву потока на левом берегу реки дорога на 200 *м* спускается в ущелье Арагви. Это знаменитый Млетский спуск, петли которого частью высечены в скалах, частью проложены на высоких подпорных стенах. Спускаясь по дороге, можно видеть на склонах прекрасные обнажения базальтовых лав. Они свидетели недавнего вулканизма в центральной части Главного Кавказского хребта, прекратившегося в настоящее время. При дальнейшем неизбежном разрушении хребта вулканические конусы и их лавовые потоки будут уничтожены и от них не сохранится следа, как не сохранилось следов пермских вулканов, вероятно существовавших и на Урале в период его поднятия.

В 2,5 *км* от села Пасанаур, там, где Белая Арагви круто поворачивает к югу, дорога, проложенная по ее долине на протяжении 18 *км*, пересекает отложения мелового периода — темные глинистые сланцы, переслаивающиеся с известковыми песчаниками.

За полосой меловых отложений появляются третичные, достигающие здесь значительной мощности. Строение этого участка очень сложное. Третичные отложения протягиваются вдоль всего южного склона Главного Кавказского хребта и, подобно отложениям северного склона, состоят из мощных толщ обломочных пород. Так же как и третичные осадки северного склона, которые мы видели раньше, они содержат нефть. Особенно богатые месторождения ее находятся в юго-восточном окончании Кавказских гор на Апшеронском п-ве, в районе г. Баку.

Подведем некоторые итоги наблюдениям, сделанным во время похода по Военно-Грузинской дороге.

Когда мы шли от г. Орджоникидзе до Дарьяльского ущелья, нам встречались все более и более древние породы, начиная от отложений конца третичного периода до древнеюрских слоев и выступающих древнейших гранитов. На пути от Дарьяльского ущелья и Крестового перевала наблюдалась обратная последовательность отложений: древнеюрские слои сменялись более молодыми юрскими отложениями, затем меловыми и наконец третичными породами. Следовательно, Главный

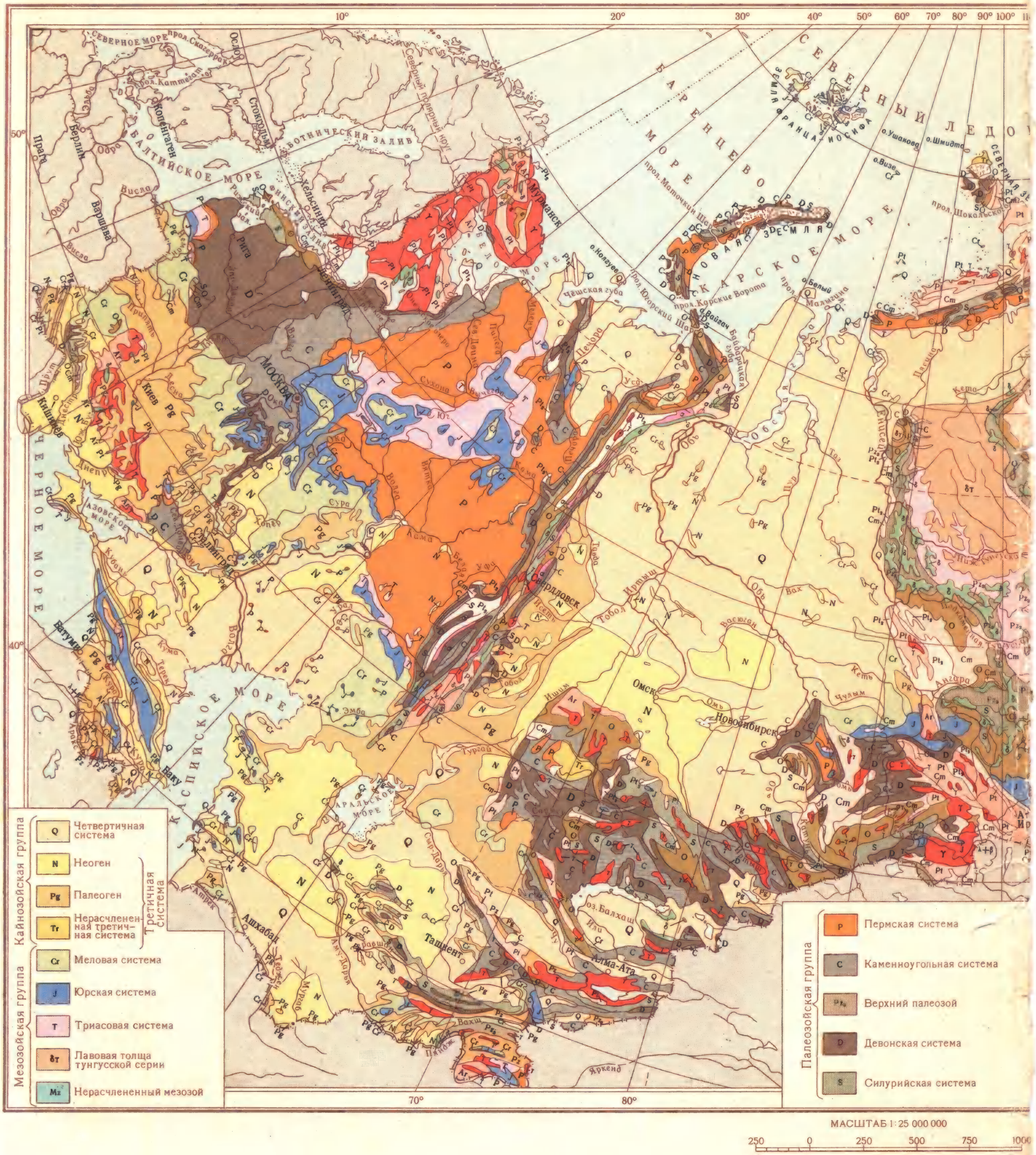


Схематическое изображение антиклинального строения горного хребта.

Кавказский хребет представляет собой огромную антиклиналь, в ядре которой выступают наиболее древние породы, а на крыльях — все более и более молодые. Антиклинальное строение Кавказа очень ясно видно на геологической карте (см. стр. 176—177).

Отметим, что везде в строении Главного Кавказского хребта можно наблюдать наклон

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА СССР



и опрокидывание складок к югу. Это указывает, что складки образовались в результате бокового давления, направленного с севера на юг. В общих чертах история образования Кавказских гор такова: в области Кавказа с начала палеозойской эры была геосинклиналь. Об этом говорят мощные морские осадки палеозойской эры. В бассейне рр. Лабы и Белой хорошо видно, что палеозойские породы смяты в складки и в них внедрились древние граниты. Следовательно, Кавказская геосинклиналь была на месте Главного Кавказского хребта задолго до мезозойской эры и в ней уже происходили смятия пластов. В течение мезозоя, как мы могли убедиться, геосинклиналь сохранялась, и на протяжении юрского и мелового периодов в ней продолжалось накопление мощных осадков. В начале третичного периода на месте будущего Главного Кавказского хребта образовался плоский остров среди широкого моря.

В море отлагались чистые известняки и мергеля, свидетельствующие о том, что сюда почти не попадали обломки с суши. Дальше условия изменяются: начинается поднятие центральной части Кавказа, образуется большой, уже гористый, остров.

Его опоясывал широкий прогиб. По мере поднятия центрального острова и разрушения с него сносился обломочный материал, непрерывно накоплявшийся в прогибе в виде слоев песков и галечников, превратившихся впоследствии в песчаники и конгломераты.

Казбек.

Эльбрус. У подножия идут альпинисты.

Поднятие гористого острова можно считать началом образования Кавказского хребта. Оно продолжалось во второй половине третичного периода. К этой же эпохе относятся внедрения наиболее молодых гранитов Кавказа и возникновение громадных вулканических конусов — Казбека и Эльбруса. Особенно значительные поднятия Кавказа происходили на границе третичного и четвертичного периодов. Хребет достигал тогда громадной высоты. Он разрушался, и с него сносился в огромном количестве обломочный

материал. Поднятие и разрушение Кавказского хребта продолжалось в ледниковую эпоху и продолжается в наши дни.

Движения земной коры не прекратились на Кавказе и в настоящее время. Об этом говорят землетрясения, особенно частые на южном склоне Главного Кавказского хребта и в Закавказье.

В XII в. в горах южного склона Кавказа произошло сильнейшее землетрясение. Огромный поток каменных глыб, оторвавшихся от высоких вершин, скатился в долину горной реки, перегородил ее и создал естественную плотину, за которой возникло живописное озеро Гейгёль.

Этому землетрясению посвятил одно из своих произведений азербайджанский поэт Низами. Можно вспомнить землетрясение, разрушившее г. Шемаху в 1859 г. Часто бывают землетрясения в районе Тбилиси и в других областях Закавказья.

Горы Кавказа гораздо беднее рудами, чем Урал. В частности, на Кавказе почти нет рудных месторождений, образующихся на больших глубинах при высокой температуре, как например руды магнитного железняка, никеля, платины, редкого металла вольфрама и др. На Кавказе известны главным образом жильные руды цветных металлов, возникшие при более низкой температуре и частью уже вдали от магматических очагов. Они образовались в трещинах, в которые проникали рудоносные растворы. Это свинцово-цинковые и ртутные месторождения, жилы, содержащие золото, молибден и висмут.

Разница между рудными богатствами Урала и Кавказа объясняется тем, что древний Урал более размыт, чем молодой Кавказ. Кавказ хранит свои сокровища в глубоких недрах.

На Урале вскрыты магматические очаги, некогда находившиеся на большой глубине под покровом осадочных пород. На Кавказе покров из осадочных пород почти везде сохранился. Кавказ не исчерпал своих внутренних сил. Еще совсем недавно бурлила лава в жерлах его вулканов. Многочисленные

Хибины.

Тянь-Шань (северные отроги Терскей-Алатау).

теплые минеральные источники Кавказа говорят о том, что здесь не остыли еще глубинные очаги магмы. Продолжаются также землетрясения — отзвуки горообразования.

После того как заканчиваются процессы образования складок, внедрения расплавленной магмы и поднятия гор, геосинклиналь изменяет свои свойства. Она превращается в более устойчивую, жесткую область земной коры, где складки уже не могут появиться, и при напоре горообразовательных сил породы раскалываются, возникают трещины, по которым наблюдается перемещение слоев. Так образуются сбросы, грабены и горсты (см. стр. 173). Не способные к смятию области Земли получили название п л а т ф о р м. На них наблюдаются медленные поднятия обширных пространств, сменяющиеся медленными опусканиями. С этими колебаниями связаны наступания и отступания моря.

Монблан.

Каньон реки Колорадо.

Расколы на платформах, приводящие к формированию сбросов, происходят под влиянием давления, идущего из геосинклиналей. В некоторых случаях перемещение по сбросам достигает большого размаха: возникают горсты, приподнятые на высоту до 3—4 *км*. Сбросовые разрывы и сейчас еще имеют место во многих горах на Земле. В горах Средней Азии, например, часто бывают землетрясения, связанные с разрывами пластов земли и образованием сбросов.

Горстовые поднятия приводят к тому, что на месте платформ образуются горные хребты. Такие горы получили название г л ы б о в ы х (возрожденных), в отличие от с к л а д ч а т ы х (Урал, Кавказ, Альпы), где главную роль играют складчатые процессы.

Типичной областью глыбовых гор являются Куньлунь, Тянь-Шань, Алтай, Саяны, горы Прибайкалья, где уже в палеозойской эре происходили расколы. В третичном периоде здесь возникли возвышенности — горсты и долины — грабены. В самом крупном грабене расположено озеро Байкал. В Прибайкалье еще в четвертичном периоде были действующие вулканы.

Процессы горообразования, вулканизма и землетрясений тесно связаны между собой. Они обусловлены воздействием внутренних сил Земли, источник которых находится глубоко в ее недрах. Проявление этих сил приводит к созданию на Земле возвышенностей — тектонических и вулканических гор.

На поверхности Земли происходит постоянная борьба внешних и внутренних сил: старые горы разрушаются, но как бы на смену им поднимаются в других участках земной поверхности новые, молодые горы.

Что же является причиной проявления или действия внутренних сил Земли? Каков источник того давления, которое сжимает в складки земную кору, разрывает ее при образовании надвигов и расколов, создает сбросовые трещины или поднимает могучие горные хребты на поверхности нашей планеты? Чем вызваны медленные вековые колебания суши, наступания и отступания моря?

Для объяснения этих явлений учеными был выдвинут ряд научно обоснованных предположений, или гипотез. С некоторыми из них вы можете познакомиться в статье «Гипотезы о происхождении гор» (см. стр. 247).

Вы увидите, как много важных вопросов о строении и истории Земли уже разрешено геологами. Но не меньшая работа предстоит для того, чтобы ответить на все вопросы, которые ставит перед нами природа.

КАК РАЗВИВАЛАСЬ ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ

ПЕРВЫЕ ЖИВЫЕ СУЩЕСТВА НА НАШЕЙ ПЛАНЕТЕ

Задумывались ли вы над тем, откуда взялись на Земле все современные животные и растения, откуда появились люди и всегда ли животный и растительный мир был таким, каким мы его видим теперь?

Оказывается, всего несколько тысяч лет назад на месте, где стоит Москва, простиралась унылая тундра с редкими кустарниками, низкорослой травой и торфяными болотами. Климат был суровый, так как с севера двигались огромные поля льдов, заставляя животных и растения отступать к югу — к теплу. Обитали в этой тундре похожие на слонов мамонты с густой, длинной шерстью и волосатые носороги, а также северные олени, песцы и другие животные, которые встречаются теперь только в полярных странах. На мамонтов и оленей охотились первобытные люди. Для поимки мамонтов устраивали ловушки — глубокие ямы, которые прикрывали сверху ветвями и травой, чтобы сделать их незаметными. Провалившегося в яму мамонта добивали копьями и камнями.

Еще более удивительная картина представилась бы нашим глазам, если бы мы отправились путешествовать в глубь истории приблизительно 10 миллионов лет назад. Например, Западная Сибирь в то время очень походила на современную Африку. Там, где течет река Иртыш, по саваннам — высоким зарослям степных трав и кустарников, с отдельными редко стоящими деревьями — бродили степные носороги, у которых вовсе не было рогов, лошади с тремя пальцами на каждой ноге, мастодонты, похожие на слонов, но с четырьмя бивнями вместо двух и другие животные, которых теперь нет. Мы увидели бы и знакомых животных — жителей Африки: жираф и страусов.

Как видите, чем дальше мы проникаем в глубь истории Земли, тем необычнее становятся животные, населявшие тогда нашу планету.

Но как же это всё узнали? Ведь эти удивительные животные жили много миллионов лет назад, когда на земном шаре не было человека.

Может быть, все то, что здесь рассказано, — просто сказка? Нет, это не сказка. Оказывается, можно прочитать и о том, что было миллионы лет тому назад. Но в какой же книге написано об этом? Такой книгой служит сама Земля, ее верхняя каменная оболочка, называемая земной корой. В слоях земной коры встречаются окаменевшие скелеты или отдельные кости древних вымерших животных. Эти остатки животных погребались, когда отлагались сами слои. Чем глубже слои, тем они древнее и тем более необыкновенны животные, скелеты которых в них встречаются.

«Читая» страницу за страницей каменную летопись, т. е. исследуя слои земной коры и содержащиеся в них остатки вымерших животных и растений, ученые выяснили историю животного и растительного мира от древнейших времен и до наших дней. Наука, которая занимается изучением вымерших, или ископаемых, животных и растений, называется палеонтологией, что значит «наука о древних существах».

Когда же появились на Земле самые древние существа? К наиболее древним организмам, известным в ископаемом состоянии, принадлежат бактерии. Их остатки найдены в слоях, со времени образования которых до наших дней прошло не менее 2 000 000 000 лет. Бактерии, или микробы, широко распространены и в настоящее время. Многие из них известны как возбудители различных заболеваний. Бактерии относятся к растениям; тело их микроскопически мало: оно состоит всего-навсего из единственной клеточки.

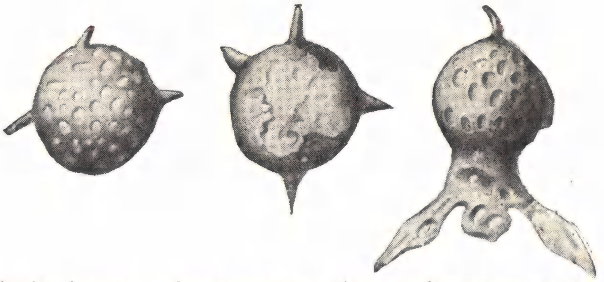
Но и бактерии не самая первая форма жизни на Земле: они уже достаточно сложные организмы. Как же выглядели их предки — самые первые существа, давшие начало жизни на Земле, и откуда взялись они? На это ответить гораздо труднее, так как никаких остатков самых первых существ в ископаемом состоянии не сохранилось. Значит, можно только предполагать, каким образом возникли и как выглядели первые существа на Земле.

Процесс возникновения живых существ из неживой природы был сложным и длительным, продолжавшимся много миллионов лет. Это был один из важнейших этапов в истории нашей планеты. О нем вы сможете прочитать в томе 4 ДЭ.

ПЕРВЫЕ РАСТЕНИЯ И ЖИВОТНЫЕ — ОБИТАТЕЛИ МОРЯ

Вся история растительного и животного мира, тесно связанная с историей земной коры, разделена учеными на пять больших этапов, называемых эрами (см. таблицу на стр. 163).

Самая древняя эра — архейская, или археозойская[1], что значит «эра древнейшей жизни». Уже в те отдаленные времена на Земле была суша, где происходили процессы выветривания и размывания горных пород, и существовали водные бассейны, в которых отлагались продукты разрушения горных пород



Среди древних одноклеточных были радиолярии с красивыми кремнёвыми раковинками.

в виде осадков. Обилие изверженных пород в архейских отложениях, их сильное смятие и часто встречающееся несогласное залегание (см. рис. на стр. 173) говорят, что эта эра была временем мощного проявления внутренних сил Земли. На земной поверхности происходили грандиозные излияния лав, неоднократные горообразовательные процессы сминали в складки земную кору, в нее внедрялась глубинная магма. В геологических отложениях, образовавшихся в эту эру, известны лишь сомнительные остатки организмов, сохранность которых не позволяет с достоверностью убедиться в их принадлежности к растениям. Однако ученые полагают, что архейские известняки имеют органическое происхождение: они образовались в результате жизнедеятельности бактерий, выделявших известь.

Подобные бактерии существуют и в настоящее время в некоторых морях.

Следующая за архейской эрой — протерозойская[1], что означает «эра первичной жизни». Она характеризуется не только существованием растений (бактерий, водорослей и грибов), но и появлением первых животных — беспозвоночных. Среди них были одноклеточные организмы, как например радиолярии, или лучевики,— микроскопически малые обитатели морских вод с необыкновенно красивыми кремнёвыми раковинками в виде колпачков или шариков с отходящими от них кремнёвыми иглами-лучами.

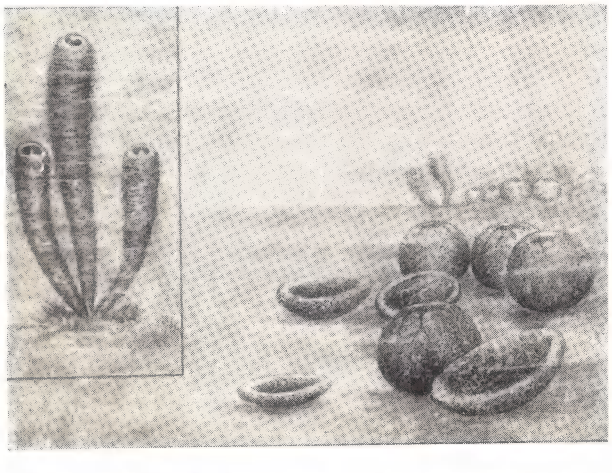
Большинство же протерозойских беспозвоночных относится к животным многоклеточным, тело которых состояло из многих клеток. Сюда принадлежат губки, плеченогие, моллюски, ракоскорпионы. Все эти животные, особенно две последние группы,— уже сложно устроенные организмы. К концу протерозоя появились представители всех типов беспозвоночных животных.

[1] От греческих слов «архайос (археос)» — древний, «зое» — жизнь.

[1] От греческих слов «протерос» — первый, «зое» — жизнь.

Прежде чем познакомиться с животными и растениями следующих эр, необходимо узнать, каким образом появились животные.

В настоящее время существует группа одноклеточных организмов — жгутиковых. Как и все одноклеточные, или простейшие, животные, жгутиковые очень малы, микроскопических размеров. Их типичный представитель — зеленая эвглена,— как и животные, обладает способностью к передвижению, но питается на свету, как растение, за счет углерода и воды; если же поместить эвглену в темноту, то она теряет зеленую окраску, становится бесцветной и питается по типу других мельчайших животных, т. е. путем всасывания или обволакивания частиц пищи. Такое смешение признаков у одного организма указывает на общность происхождения животных и растений. Группу жгутиковых до сих пор ботаники причисляют к растениям, а зоологи — к животным. Эта группа, по-видимому, очень древняя и вместе с тем очень близкая к предковой группе животных. Жгутиковые должны были существовать уже тогда, когда началось разделение живой природы на две ветви — растительную и животную. С тех пор растения стали развиваться одним путем, а животные — другим. Растения приспособились к неподвижному образу жизни и своеобразному питанию за счет усвоения минеральных веществ, растворенных в почве, и углерода, получаемого ими под действием солнечного света из воздуха. Животные (за редким исключением) приспособились к подвижному образу жизни и питанию органической пищей — растениями либо животными.



Губки — древние и наиболее просто устроенные многоклеточные животные.

В течение протерозойской эры продолжал непрерывно изменяться облик земной коры: рельеф земной поверхности, распределение суши и моря, климат. Неоднократно мощные горообразовательные процессы воздвигали высокие горные цепи, которые затем медленно разрушались до основания. По трещинам земной коры изливались потоки лав, образовавшие на поверхности мощные покровы. Только самые молодые отложения конца протерозойской эры залегают кое-где почти горизонтально.

После протерозойской эры наступила палеозойская[1] эра. Ее делят на пять периодов: кембрийский (кембрий)[2], силурийский (силур), девонский (девон), каменноугольный (карбон) и пермский (пермь).

В кембрийский период животные и растения были главным образом обитателями морей.

До последнего времени считалось, что первые наземные растения и животные появились не ранее силура, пока советский палеоботаник С. Н. Наумова в 1949 г. не обнаружила в кембрийских отложениях Ленинградской обл. споры наземных растений — мхов, хвощей и папоротников. Такие споры были найдены и в кембрийских отложениях Швеции. В 1953 г. Н. Е. Чернышева нашла в кембрии Сибири побег довольно крупного растения, близкого к плауновым.

Кембрийские моря занимали значительно большую площадь, чем современные. Например, почти вся Европа была морским дном. Обитатели кембрийских морей населяли преимущественно мелководные, прибрежные зоны. Здесь в изобилии произрастали сине-зеленые и бурые водоросли, служившие пищей различным животным. Все животные того времени — беспозвоночные. Некоторые из них вели неподвижный образ жизни, как например губки и похожие на них, но более сложные организмы — археоциаты, известковый скелет которых имел вид кубков или бокалов. Они прирастали ко дну, образуя громадные скопления, иногда подобные рифам. Археоциаты известны только из отложений кембрийского периода. Множество их остатков находят в Сибири — в Якутии.

[1] От греческих слов «палайос (палеос)» — древний, «зое» — жизнь.

[2] Названия периодов большей частью связаны с местностями, где отложения этих периодов были впервые изучены. Кембрий — старое название Уэлса (Западная Англия).

Губки дожили до нашего времени. Это самые древние и просто устроенные многоклеточные животные. Скелет губок состоит из кремнезема или извести и часто имеет форму кубка или бокала. Любопытно, что стенки такого бокала выстланы изнутри так называемыми жгутиково-воротничковыми клетками, очень напоминающими по своему строению жгутиковых одноклеточных, от которых, вероятно, и произошли губки. Жгутики таких клеток совершают непрерывные мерцательные (мелкие колебательные) движения и тем самым вызывают приток воды через отверстия, которыми пронизаны стенки губки. С водой попадают мельчайшие частицы пищи, которые захватываются и перевариваются жгутиково-воротничковыми клетками губки.

Морская лилия.

Другую группу неподвижных животных составляли так называемые морские пузыри и морские лилии, относящиеся к иглокожим. Это уже высокоорганизованные морские животные, отличные от всех других своей пятилучевой симметрией: их тела состоят из пяти одинаково устроенных частей. Из современных животных к иглокожим относятся морские лилии, морские звезды, морские ежи.

Из других обитателей кембрийского моря нужно упомянуть моллюсков — пластинчатожаберных, брюхоногих и головоногих, кроме того, плеченогих, или брахиопод, и трилобитов. Современные пластинчатожаберные, или двустворки, населяют не только моря, но и пресноводные бассейны. Внешне сходны с ними плеченогие, тело которых также заключено в раковину из двух створок, однако, в отличие от симметричных створок у пластинчатожаберных моллюсков, створки плеченогих, расположенные на спинной и брюшной стороне животного, несимметричны — одна больше другой. У пластинчатожаберных моллюсков при их движении (с помощью «ноги») створки занимают вертикальное положение. У плеченогих, неподвижно лежащих на дне или чаще прикрепленных ко дну при помощи особой «ножки», нижняя (брюшная) створка сильно выпуклая, а верхняя (спинная) — уплощенная. Таким образом, сходство здесь внешнее, да и то на первый взгляд. Тело моллюсков и плеченогих, заключенное у тех и у других внутри раковины, устроено совершенно различно. Моллюски — более высоко организованные животные, чем плеченогие. Плеченогие представляют теперь в основном вымершую группу, достигавшую широкого распространения в палеозое, тогда как пластинчатожаберные моллюски, несмотря на давность своего появления, наибольшего расцвета достигли в современную эру — кайнозойскую.

Брюхоногие моллюски характеризуются спирально закрученной раковиной. Из современных представителей к ним относится всем известная виноградная улитка. Древние брюхоногие были только морскими жителями, и лишь впоследствии часть из них переселилась в пресные водоемы, а часть превратилась даже в сухопутных животных, в связи с чем и жаберное дыхание, характерное для всех моллюсков, у них заменилось легочным. Как и пластинчатожаберные, брюхоногие моллюски достигли наибольшего распространения в кайнозойскую эру.

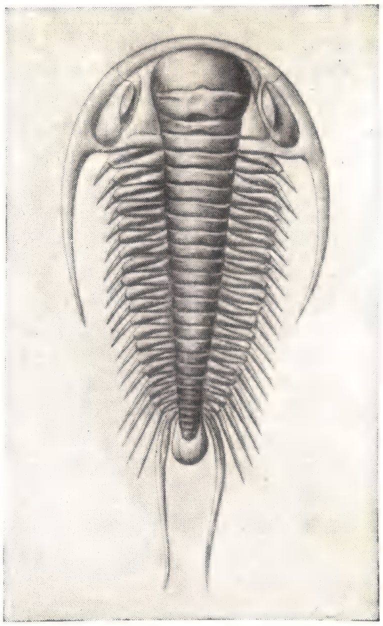
Головоногие моллюски в настоящее время почти вымерли. Из современных животных к ним относятся такие чудовища, как спруты — морские хищники с десятиметровыми щупальцами, а также каракатицы, кальмары и некоторые другие. Кембрийские головоногие моллюски были очень мелкими животными, имевшими довольно длинную палочковидную раковину, разделенную внутри перегородками на камеры. В последней камере помещалось само животное, а остальные были наполнены газом. Регулируя количество газа, животное изменяло свой удельный вес и могло погружаться в глубину водоема или всплывать. Впоследствии у большинства головоногих моллюсков раковина стала спирально закрученной.

Очень интересными животными кембрийских морей были трилобиты. Они родственники ракообразных и относятся к типу членистоногих животных. Тело трилобитов, как и современных раков, было заключено в панцирь, состоявший из хитина [1].

[1] Хитин — плотное вещество, выделяемое покровами некоторых беспозвоночных (членистоногих и др.); хитин представляет собой защитное образование. Часто в хитиновом покрове отлагается известь, и тогда он приобретает особую прочность.

Внешне некоторые из трилобитов напоминали современных ракообразных — хорошо всем известных мокриц, обитателей влажных мест, погребов и подвалов.

Тело трилобита продольно делится швами, или бороздами, на три части. Отсюда и их название — трилобиты, т. е. «трехдольные». Поперек тело трилобитов было разделено на сегменты, или членики, число которых достигало 40 и более. Слившиеся сегменты передней части тела образовывали головной отдел, а сегменты задней части — хвостовой отдел. От среднего, или туловищного, отдела сбоку от каждого сегмента отходили своеобразно устроенные ножки. Каждая из них имела две ветви — наружную, служившую для плавания, и внутреннюю — для хождения по дну. Конечности головного отдела трилобита превратились в органы для захватывания и измельчения пищи. Большинство трилобитов были животными, ползавшими по дну, хотя некоторые были и плавающими. Питались трилобиты мелкими животными, растениями и различными органическими остатками. Обычный размер их 8—10 *см*, но некоторые формы достигали одного метра. Трилобиты — вымершая группа животных. Они существовали только в палеозое.



Тело трилобитов, как у раков, было заключено в хитиновый панцирь; некоторые из них напоминали современных мокриц.

Из нашего знакомства с фауной кембрийского моря видно, что уже тогда — полмиллиарда лет назад — жизнь достигала большого разнообразия и высокой организации.

ПЕРВЫЕ НАЗЕМНЫЕ ЖИВОТНЫЕ

В начале следующего, силурийского периода (или силура[1]) моря и континенты сохранили приблизительно те же очертания, что и в кембрии. Морская фауна силура напоминает кембрийскую, но появляются[2] и новые группы беспозвоночных — кораллы, граптолиты[1], черви, мшанки, морские ежи.

Кораллы относятся к типу так называемых кишечнополостных животных — исключительно водных организмов. Помимо кораллов, к кишечнополостным относятся также всем известные медузы и гидры. Кораллы существуют и в настоящее время; многие из них являются рифообразователями в тропической полосе Тихого и Индийского океанов. Устроены кораллы очень просто. Как и у других кишечнополостных, их тело имеет всего одну внутреннюю полость, представляющую кишечник (поэтому-то они и называются кишечнополостными). Внешне тело коралла, или, вернее, кораллового полипа, представляет мешочек, открывающийся наружу (вверху) ротовым отверстием, вокруг которого имеется венчик щупальцев, помогающих захватывать добычу. Питаются коралловые полипы мелкими плавающими организмами — планктоном. Через ротовое отверстие происходит и выбрасывание отработанных продуктов. Тело кораллового полипа заключено в скелет—известковую камеру, выделяемую стенками полипа. По мере надстройки камеры вверх поднимается все выше и сам полип, нижняя стенка которого (дно мешочка) отлагает горизонтальные перегородки, называемые днищами.

Коралловые полипы могут жить в одиночку (одиночные кораллы) или группами (колониальные кораллы). Одиночные кораллы достигают размеров 15—20 *см*. Как и колониальные кораллы, они неподвижно прирастают ко дну. Все кораллы — жители моря. Они живут в теплой прозрачной воде, богатой кислородом и хорошо освещенной, то есть не глубже 45 *м*.

Своеобразные животные — граптолиты. Они известны из силурийских отложений — так называемых граптолитовых сланцев,

[1] Силур — период, название которого происходит от древнего племени силуров (обитателей Уэлса).

[2] Следует иметь в виду, что под словом «появляются» мы будем подразумевать находку впервые тех или иных животных в ископаемом состоянии. На самом же деле многие животные появились раньше этого времени.

[1] Слово «граптолиты» означает «исписанные камни»: сланцы, заключающие отпечатки этих животных, как будто покрыты какими-то древними загадочными надписями.

ФАУНА И ФЛОРА
КОНЦА ПАЛЕОЗОЯ

Земноводные:

1—5. Стегоцефалы.

Пресмыкающиеся:

6. Мелкий котилозавр.
7. Парейазавр.
8. Хищный диноцефал.
9. Растительноядный диноцефал.
10. Дицинодонт.
11. Зверозубое пресмыкающееся.

Растения:
12. Птеридоспермы и древовидные папоротники.
13. Сигиллярия.
14—15. Членистостебельные.
16. Кордаиты.
17. Глоссоптерис.
18. Хвойные.

распространенных у нас под Ленинградом, в Прибалтике и в Средней Азии, а в Западной Европе — в Англии, Германии и Швеции. Граптолиты имеют вид веерообразных нитей или прутиков, по бокам которых расположены многочисленные мельчайшие ячейки полипов. Вверху, там, где концы нитей сходились, при жизни граптолитов имелся воздухоносный колокол, отпечатки которого сохранились. Вероятно, граптолиты были либо пассивно плавающими животными, либо некоторые из них стелились по дну. Граптолитов относят к полухордовым.

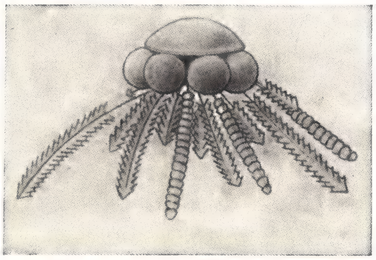
М ш а н к и, как показывает название, скорее напоминают растения (мхи), нежели животных. Мшанки образуют колонии, имеющие вид корочек и налетов на подводных камнях или веточек, похожих на кораллы. Как и полипы кораллов, каждая мшанка сидит в отдельной ячейке, но мшанки — более высокоорганизованные животные, чем кораллы. Их кишечно-пищеварительный тракт имеет не только входное, но и выходное отверстие; кроме того, у них имеется уже настоящая нервная система (а у кораллов — лишь отдельные нервные клетки).

Ротовое отверстие мшанки, как и у кораллов, окружено венчиком щупальцев, движение которых загоняет в рот пищу — одноклеточные водоросли и одноклеточных животных. Интересно, что некоторые особи мшанок имеют вид жгутиков, непрерывно вибрирующих, или птичьих головок, которые постоянно хлопают своим «клювом». Это «стража», отгоняющая врагов мшанок, и вместе с тем очистители от ила. Мшанки никогда не были особенно многочисленной группой, но некоторые их отряды дожили до настоящего времени.

М о р с к и е е ж и напоминают своими иглами настоящих ежей — сухопутных млекопитающих, однако никакого родства с ними не имеют. Тело морского ежа заключено в шаровидный известковый панцирь, состоящий из множества пластинок. Эти пластинки образуют поля, одни из которых несут на себе иглы, а другие — мельчайшие отверстия. Сквозь такие отверстия высовываются сотни микроскопических ножек в виде мягких трубочек, наполненных водой. Нагнетается в них вода по особым каналам внутри тела животных. При помощи своих ножек еж медленно передвигается или плотно присасывается к какому-нибудь подзодному предмету. В движении морского ежа участвуют также иглы, служащие одновременно и для защиты. Некоторые морские ежи достигали размеров головы ребенка. Современные морские ежи встречаются у нас в северных и восточных морях. Они питаются водорослями и мельчайшими животными.

Морской еж цидарис.

Сланцы с отпечатками граптолитов.



Граптолит с воздухоносным колоколом наверху.

Во второй половине силура происходили мощные горообразовательные движения — так называемая к а л е д о н с к а я с к л а д ч а т о с т ь.

В области нынешнего Скандинавского п-ва, в Шотландии и Ирландии, на месте Шпицбергена и по восточному побережью Гренландии — там, где на протяжении многих миллионов лет существовало море,— поднялись высокие горные цепи. Остатки их — Скандинавские горы, Грампианские горы Шотландии, смятые в складки слои по восточной окраине Гренландии и острова Шпицбергена.

Поднялась гористая суша в области нынешнего Казахстана и северных хребтов Тянь-Шаня, образовалась Саяно-Байкальская горная дуга.

Каледонское горообразование привело к поднятию материков и постепенному обмелению морей, появлению многочисленных мелких заливов и лагун. Одни из них опреснялись впадающими в них реками, в других повышалась соленость воды и происходило даже отложение солей.

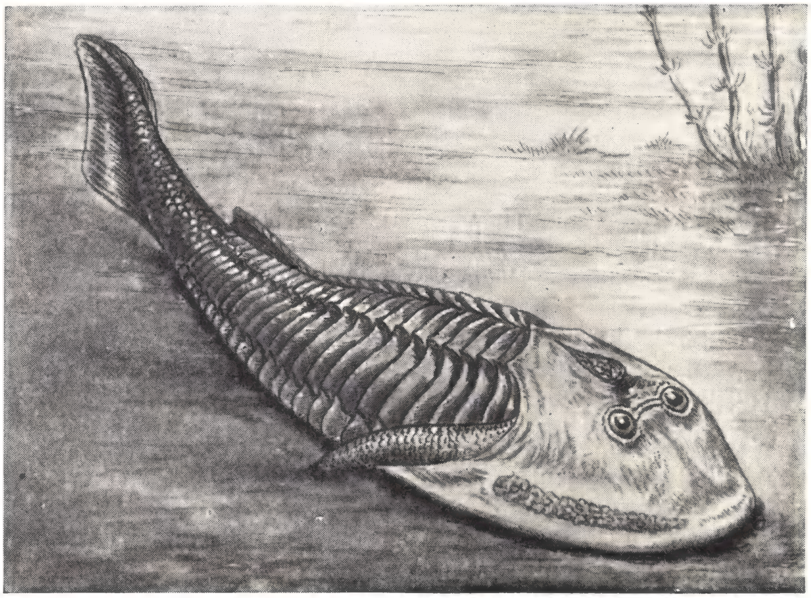
Большинство морских животных не переносит изменения солености морской воды ни в ту, ни в другую сторону. Поэтому к жизни в лагунах приспособились лишь немногие из обитателей силурийского моря.

Псилофиты были наземными растениями, не имевшими еще настоящих корней и листьев.

«Стесненность в жилплощади» морского населения послужила толчком к освоению суши как новой дополнительной области жизни. Именно из отмирающих участков моря — лагун — и начался выход на сушу сначала растений, а затем животных, питавшихся этими растениями, и уже позднее вышли на сушу хищные животные.

В силуре наземные растения — псилофиты[1] — уже были распространены; по-видимому, они произошли от водорослей, скорее всего от зеленых. Их тело, подобно водорослям, не расчленено еще на основные органы — корень, стебель и листья. Вместо корней у них были своеобразные подземные одноклеточные выросты — ризоиды. Наиболее примитивные из псилофитов не имели даже стебля, который нес бы настоящие листья. Размножались псилофиты при помощи спор, помещавшихся в спорангиях — на концах ветвей. Некоторые псилофиты были болотными растениями, тогда как другие — настоящими сухопутными жителями, достигая подчас значительных размеров — 3 *м* высоты. Псилофиты просуществовали недолго. Они известны еще в следующем периоде — девоне. Многие палеоботаники относят к ним еще два рода современных тропических растений — псилотов. В силуре же распространена и другая группа растений (тоже, по-видимому, происшедшая от водорослей) — грибы, которые, возможно, сначала были водными формами, а затем вышли на сушу. В этом же периоде существовали и более высоко организованные растения — папоротникообразные, в частности примитивные плауновые. В силуре появляются скорпионы. Эти древнейшие скорпионы, возможно, были еще не наземными животными, а населяли сначала различные водоемы — реки, озера и болота.

И еще одно замечательное событие произошло в силуре: появились первые позвоночные — так называемые панцирные рыбы, остатки которых встречаются вместе

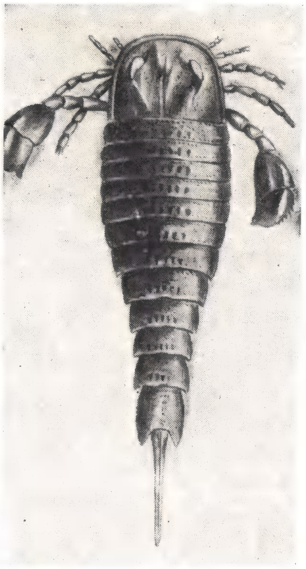


Панцирная рыба.

[1] Псилофиты — по-гречески «лысые (или голые, т. е. лишенные листьев) растения».

с гигантскими ракоскорпионами. И те и другие были обитателями лагун — отшнуровывавшихся заливов моря. Вероятно, панцирные рыбы, а вслед за ними и их враги — гигантские ракоскорпионы поднимались по дельтам рек вверх, постепенно осваивая пресные воды.

До сих пор существуют две точки зрения на вопрос, где появились первые позвоночные — в морях или реках. В морской воде содержится много растворенного кальция, а кальций входит в состав костей животных; кроме того, в море обитают все низшие позвоночные. Это убедительные доказательства в пользу морского происхождения позвоночных. Но сторонники теории пресноводного происхождения считают, что скелет должен был появиться в реках, где есть течение: скелет — устойчивая опора тела, необходимая для противодействия движению воды.



Гигантский ракоскорпион.

Несомненно одно: предки позвоночных обитали в зоне, где пресные воды граничили с морскими, — там и находят их остатки. Известные нам древнейшие позвоночные уже обладали костной тканью — панцирем, внутренний же скелет их был, по-видимому, хрящевым (в ископаемом состоянии он не сохраняется). Замена хряща костью, его окостенение происходит значительно позднее — у высших групп рыб. Древние панцирные рыбы в сущности не являлись еще настоящими рыбами, они лишь имели рыбообразную форму. Эта форма тела — в виде торпеды — вообще характерна для активно плавающих водных животных, так как она обеспечивает наименьшее сопротивление при движении в воде.

Древние панцирные рыбы принадлежат к группе так называемых бесчелюстных, которым противопоставляют челюстноротых, включающих остальные классы позвоночных.

Панцирные бесчелюстные известны только из силура и девона, но некоторые бесчелюстные дожили до настоящего времени; это миноги и миксины. У всех бесчелюстных, как показывает их название, отсутствовали челюсти, а также парные конечности (плавники) и обычно имелась только одна ноздря. Древние бесчелюстные, остатки которых часто встречаются у нас в Прибалтике, на Енисее и в бассейне Колымы, а также в Северной Европе и Северной Америке, были довольно крупными животными — в полметра и более длиной. Их тело в передней части или почти целиком (кроме хвоста) было заключено в панцирь, состоявший из костных пластин и чешуй. Эта броня защищала их от опасных преследователей — ракоскорпионов, достигавших длины 3 *м*.

Панцирные бесчелюстные питались планктоном. Вероятно, некоторые из бесчелюстных были донными формами. Ковыряясь своим рылом в иле, они взмучивали его и вылавливали мелкие органические остатки.

Таким образом, силур был периодом не только расцвета различных групп беспозвоночных, но и временем появления первых позвоночных. В силуре же началось расселение наземных растений и выход первых животных на сушу.

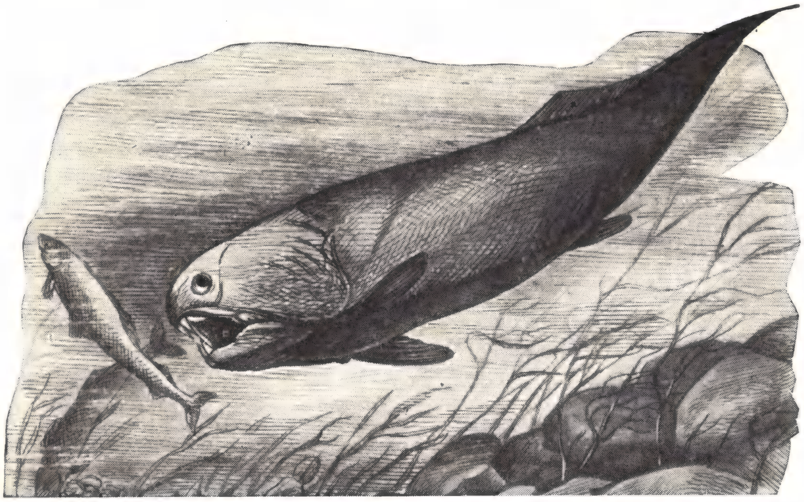
«ВЕК РЫБ»

В следующем, девонском периоде, или девоне[1], морские бассейны продолжают сокращаться, а суша — увеличиваться; расширяются и области континентального климата.

В самом начале девона были зоны и с холодным климатом. На это указывают морены с валунами, сохранившиеся в Южной Африке в древнедевонских отложениях.

Среди водных животных девонского периода, кроме беспозвоночных, широко распространены рыбы. Недаром девон называют «веком рыб». В девоне появляются все основные их группы. В начале периода еще распространены панцирные бесчелюстные, но затем им на смену приходят настоящие панцирные рыбы, акулоподобные по своему виду. Это были великолепные пловцы с хорошо развитыми плавниками, крупные морские хищники, как например динихтис, достигавший 9 *м* длины. Он был страшнейшим морским разбойником. Передняя часть тела динихтиса, как и у бесчелюстных, была покрыта панцирем, но головной щит имел подвижное сочле-

[1] Девон назван по графству Девоншир (Англия).



Динихтис был страшнейшим морским разбойником.

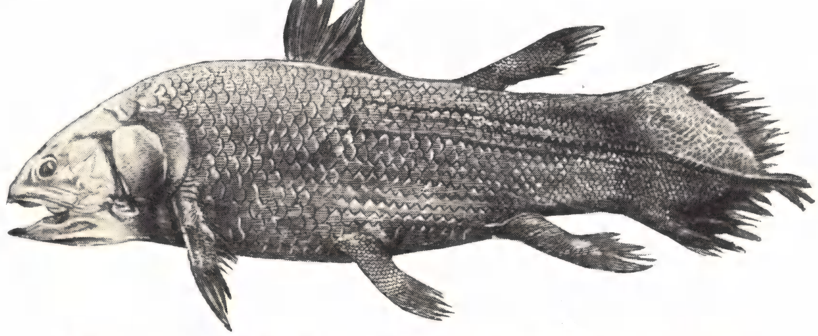
жили до настоящего времени, мало изменившись, но их осталось всего несколько видов. Кистеперые до 1938 г. считались вымершими в мезозое, пока неожиданно у берегов Южной Африки не была поймана сетью кистеперая рыба, названная л а т и м е р и е й. В 1952 г. неподалеку от Мадагаскара рыбак — житель одного из небольших островов — поймал на крючок второй экземпляр такой рыбы, достигавший полутора метров длины, а затем было поймано еще несколько штук. Девонские кистеперые рыбы, как и современные, были крупными хищниками.

Кистеперые рыбы — очень важная группа в истории позвоночных животных. По строению скелета, в особенности черепа и зубов, девонские кистеперые имеют большое сходство с первыми наземными позвоночными — стегоцефалами, которые от них и произошли.

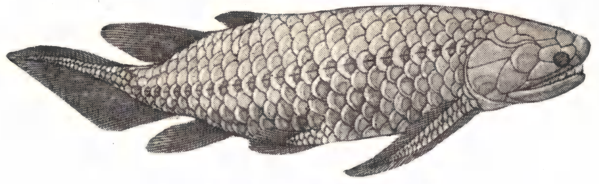
нение с туловищным щитом. Во рту имелись мощные своеобразные челюсти, напоминавшие острый клюв. Эти челюсти не несли еще настоящих зубов, но оканчивались острыми костными выростами, внешне похожими на зубы и служившими для захвата добычи.

Наряду с акулоподобными панцирными рыбами, такими, как динихтис, в девоне были широко распространены и настоящие а к у л ы. Все эти рыбы — хрящевые; тогда же появились и к о с т н ы е р ы б ы: д в о я к о д ы ш а щ и е, к и с т е п е р ы е и л у ч е п е р ы е. Костные рыбы были обитателями прибрежных участков моря — вероятно, лагун, в отложениях которых находят их остатки. Лучеперые получили наиболее широкое распространение в кайнозое, и большинство современных рыб, как морских, так и пресноводных, относится к этой группе. Что же касается двоякодышащих и кистеперых рыб, то они до-

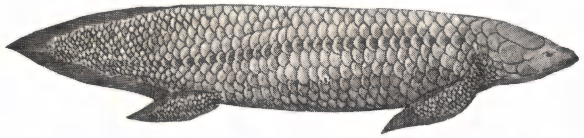
Двоякодышащие рыбы, родственные кистеперым, замечательны тем, что, помимо жабр, они имеют примитивное легкое — видоизмененный плавательный пузырь. Наблюдения над жизнью современных двоякодышащих рыб, живущих в водоемах Австралии, Южной Африки и Южной Америки, позволяют понять, как появились наземные позвоночные. Двоякодышащие рыбы живут в реках, заражающихся продуктами гниения в жаркое время года, либо в пересыхающих водоемах — болотах; поэтому двойное дыхание оказывается для них весьма полезным приспособлением. Двоякодышащие при помощи своих плавников не столько плавают, сколько «ходят» или ползают по дну, выискивая добычу. Способностью «ходить», опираясь на длинные жесткие плавники, обладали, вероятно, и древние кистеперые, обитавшие в сходных условиях. При пересыхании одних водоемов они могли благополучно переселяться в другие, расположенные поблизости. Чтобы совершить такое путешествие, нужно было обладать легочным дыханием и конечностями, пригодными для движения по грунту. Так постепенно в процессе приспо-



Латимерия — современный представитель кистеперых рыб, считавшихся вымершими.



Девонская кистеперая рыба.



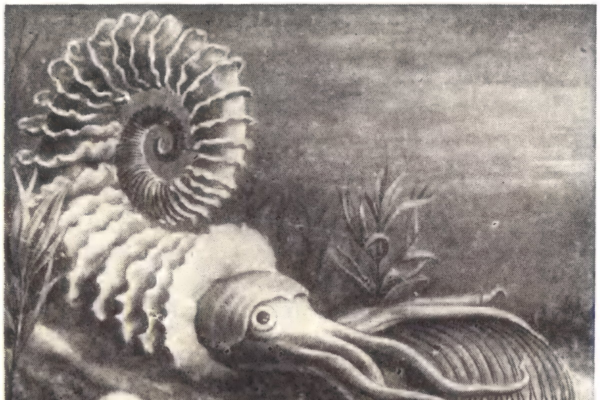
Современная двоякодышащая рыба — цератодус.

собления к условиям существования из плавника выработалась конечность наземного животного, пригодная для ползания по земле, а жаберное дыхание заменилось легочным. Это был очень важный шаг в истории позвоночных.

Первые наземные позвоночные — стегоцефалы — принадлежат к земноводным, или амфибиям.

«Стегоцефал» в переводе на русский язык — «покрытоголовый»: его череп образовывал сплошную крышу, без височных впадин, как и у высших позвоночных. В настоящее время стегоцефалы считаются сборной группой; большинство из них отнесено к отряду лабиринтодонтов, а остальные — к другим отрядам земноводных.

Как показывает их название, это промежуточная группа между настоящими водными и наземными животными. Земноводные приспособились к жизни на суше, но не утратили связи и с водой. Стегоцефалы в течение своей истории не раз снова возвращались к жизни в воде, но уже обладали признаками строения наземных животных.



Аммонит был опасным морским хищником.

Сильное сокращение морских бассейнов в девоне и большое развитие суши дали толчок не только к появлению наземных позвоночных — стегоцефалов, но и к широкому распространению наземной растительности. Среди наземных растений девона главная роль принадлежит папоротникообразным, постепенно вытеснившим своих предшественников — псилофитов. В отличие от псилофитов папоротникообразные имели уже хорошо развитую корневую систему и крону из листьев. Помимо собственно папоротников, к этой группе относятся еще плауны и хвощи. Эти растения достигли особенно сильного развития в следующем периоде.

ЦАРСТВО ГИГАНТСКИХ ПАПОРОТНИКОВ, ПЛАУНОВ И ХВОЩЕЙ

После девонского периода наступил каменноугольный, или карбон[1]. В это время началось новое наступание моря на сушу. Поверхность Земли уже значительно сгладилась после разрушения каледонских гор, появившихся во второй половине силура и в девоне. Теперешняя территория Москвы и прилегающих районов оказалась затопленной морем. На северных материках образовались огромные заболоченные низины. В условиях влажного жаркого климата стала быстро развиваться пышная наземная растительность, а среди животных — многочисленные земноводные.

Если бы мы с вами попали в лес каменноугольного периода, то вряд ли он произвел бы на нас приятное впечатление. Громадные деревья 30—40-метровой высоты с раскидистыми кронами вверху создавали вечный полумрак в лесу с непроходимыми топкими болотами, испускавшими тяжелые испарения. Всюду царило безмолвие, изредка нарушаемое шлепаньем по воде тварей, напоминавших по внешнему виду саламандр, но во много раз превосходивших их размерами. Это нам знакомые стегоцефалы. Большинство из них проводило время в воде, где ловило

[1] Название «карбон» этот период получил из-за обилия в отложениях угля. По-латински уголь — «карбо».

рыбу — основную их пищу. Стегоцефалы, выползавшие на берег, с трудом передвигались, изгибаясь и волоча тело по земле. У некоторых стегоцефалов на лапах между пальцами были плавательные перепонки. На голове и теле, как у рыб, имелись органы боковой линии — своеобразные локаторы (приемники), при помощи которых рыбы определяют расположение твердых предметов под водой, приближаясь к ним, а также направление и силу течения.

Иногда в воздухе носились громадные хищные стрекозы, достигавшие 75 *см* в размахе крыльев; огромные тараканы, скорпионы, длинноногие пауки, родственные современным сенокосцам, ползали в сумраке лесных зарослей.

В лесах карбонового периода произрастали громадные плауны-лепидодендроны.

Громадные деревья, произраставшие в лесах каменноугольного периода, принадлежали к плаунам, хвощам и папоротникам. Все эти растения относятся к папоротникообразным, размножающимся спорами.

Толстые стволы плаунов (до 2 *м* в диаметре) были покрыты листовыми подушками с рубцами от отпавших листьев. Листья, достигавшие иногда огромной длины (до 1 *м*), сохранялись в верхней части ствола и его ветвей.

У одного из плаунов листовые подушки имели вид ромбических чешуек, расположенных косыми рядами. Это растение получило название лепидодендрона, что означает «чешуйчатое дерево». Другой род гигантских плаунов — сигиллярия, что означает «печатное дерево»,— характеризуется тем, что рубцы от отпавших листьев на его стволе напоминают след от печати. Они располагаются прямыми продольными рядами. Сигиллярии и лепидодендроны имели не настоящие корни, а своеобразные подземные корневые образования лапчатой формы, получившие название стигмарий (от греческого слова «стигма» — рубец; имеются в виду рубцы от отпавших выростов, исполнявших роль корешков).

Вторую группу древовидных растений составляли хвощевидные — каламиты, уступавшие плауновым по высоте примерно в 2 раза. От плаунов каламиты отличались тем, что ветви у них отходили не равномерно от ствола, а только в определенных местах — узлах, разделявших голые междоузлия. Из каждого узла (а у некоторых видов лишь из части узлов, с чередованием) отходил как бы венец, или «мутовка», состоявшая из двух или нескольких ветвей. В узлах членистых ветвей располагались мутовки из листьев, как у современных хвощей.

Древовидные хвощи, плауны и папоротники характерны для тропического пояса того времени, протягивавшегося из Северной Америки в Европу и далее в Среднюю Азию и Индонезию.

Наряду с древовидными хвощами, плаунами и папоротниками в лесах каменноугольного периода было довольно много травянистых представителей этих растений. Кроме того, широко были распространены появившиеся еще в девоне семенные папоротники — древовидные голосемянные [1] растения с папоротникообразными листьями. Семенные папоротники были первыми из растений, имевших семена. Из голосемянных надо отметить еще кордаиты [2], занимающие как бы промежуточное место между семенными папоротниками и хвойными. Это были большие деревья с громадными, длинными листьями, распространенные как в тропической, так и в умеренной зонах.

В среднекаменноугольную эпоху появились и первые хвойные деревья из рода вальхия. Таким образом, каменноугольный период — время пышного развития древесной флоры, в которой преобладают древовидные споровые

[1] Голосемянные растения не имеют плодов; семена у них образуются не в завязи цветка, а из открытых (голых) семяпочек; отсюда и их название. К голосемянным относятся хвойные и родственные им растения.

[2] Кордаиты названы по имени ботаника Корда.

растения и довольно богато представлены древние голосемянные.

Это вместе с тем время образования многочисленных залежей каменного угля (см. стр. 142). Ископаемый уголь образовался из древесного торфа, накоплявшегося в обширных лесных болотах. В каменноугольном периоде возникли залежи Донецкого и Подмосковного угольных бассейнов, Урала, Средней Европы и многие другие.

В море в связи с его широким распространением происходило некоторое обновление фауны. Среди простейших животных появились крупные корненожки — фораминиферы. Их тело состояло всего из одной клетки, но раковина, в которой эта клетка помещалась, была обычно многокамерной и у некоторых форм, например у фузулин, достигала размеров пшеничного зерна и более. Для одноклеточных животных, как правило микроскопически малых, это очень большие размеры, хотя некоторые фораминиферы более позднего времени — палеогена — были еще крупнее.

В морях каменноугольного периода широко распространены иглокожие (морские лилии и морские ежи), различные плеченогие, мшанки и другие группы животных.

ДРЕВНЕЙШИЕ ЯЩЕРЫ

Конец каменноугольного периода и начало нового, пермского периода, или перми [1], совпадает с наиболее активными фазами герцинского горообразования. В связи с этим на севере материков снова произошло значительное осушение площадей и поднятие мощных горных хребтов в области Средней Европы, Урала, Тянь-Шаня, Алтая и Аппалачей. Появились крупные ледники на южных материках. Южная Америка, Африка и большая суша в области нынешнего Индийского океана тогда, по-видимому, составляли единый материк, названный Гондваной.

В Европе и Северной Америке влажный тропический климат карбона меняется и становится частью умеренным, а частью жарким и сухим. Пышная каменноугольная растительность отступает к экватору и постепенно исчезает; на смену ей приходят голосемянные растения, наиболее распространенную группу которых составляют кордаиты. Голосемянные растения размножались при помощи семян, что было большим преимуществом перед размножением спорами, так как спорам для их развития непременно нужна вода, а семена обходятся без нее. Такое приспособление было как бы ответом на резкое сокращение водных бассейнов в пермском периоде: оно дало возможность голосемянным растениям расселяться в глубь континентов. Образование семян важно было также и потому, что они содержали в себе питательные вещества, необходимые развивающемуся зародышу растения.

Как и в карбоне, в перми продолжается углеобразование. В этом периоде возникли крупнейшие угленосные бассейны СССР: Тунгусский, Кузнецкий и Печорский. Изменяется постепенно и животный мир.

Среди позвоночных пермского периода развиваются типичные наземные животные — пресмыкающиеся, которые постепенно вытесняют стегоцефалов. Пресмыкающиеся, появившиеся еще в карбоне и весьма похожие вначале на стегоцефалов, от которых они произошли, представлены двумя большими группами — котилозаврами и зверообразными.

Целое «кладбище» пермских пресмыкающихся было открыто более полувека назад на Северной Двине русским палеонтологом Владимиром Прохоровичем Амалицким. Он занимался изучением пермских красноцветных отложений, распространенных на северо-восточной окраине Русской равнины. В этих толщах попадались редкие остатки органической жизни — отпечатки листьев папоротников и мелкие раковинки пресноводных моллюсков. Точно такие же ископаемые остатки содержали отложения пермского периода и в Южной Африке, в местности Карру, где, кроме того, еще были обнаружены скелеты различных пресмыкающихся. Сопоставив эти факты, Амалицкий сделал смелое предположение, что на Северной Двине, где особенно хорошо вскрыты пермские отложения, следует искать скелеты древних пресмыкающихся, найденных в Карру.

Ученые отнеслись к этому с недоверием, и Амалицкому пришлось на собственные средства организовать экспедицию, состоявшую всего из двух человек — самого Амалицкого и его жены Анны Петровны. После двух лет упорных поисков они обнаружили близ города Котласа первые находки — черепа парейазав-

[1] Пермь — по имени древнего царства Пермия, располагавшегося в бассейне р. Камы; в этом районе широко развиты отложения пермского периода.

ров [1]— громадных пресмыкающихся из группы котилозавров, тех самых, которые были известны по раскопкам в Карру.

Весть об открытии Амалицкого мгновенно облетела весь мир. Ему выделили средства для организации раскопок, продолжавшихся до первой мировой войны. Раскопки дали блестящий материал — более 10 полных скелетов парейазавров, скелеты и черепа различных зверообразных пресмыкающихся и стегоцефалов.

Это были первые в России настоящие палеонтологические раскопки. По существу, с этого времени начинает свою историю русская палеонтология позвоночных, хотя отдельные сборы костей и изучение их велись еще со времен Петра I.

Коллекции Амалицкого составили ядро будущего Палеонтологического музея; в нем и поныне они образуют так называемую Северодвинскую галерею, равной которой нет в мире. Эта коллекция очень богата и охватывает почти все основные группы позвоночных пермского периода.

Парейазавры были крупными растительноядными пресмыкающимися, величиной с быка. Череп их, как и у стегоцефалов, представлял собой еще сплошную крышу, лишенную височных впадин. Мелкие зубы с характерными гребешками и бороздками на концах указывали на питание мягкой растительностью, по-видимому в изобилии произраставшей по берегам рек, где водились парейазавры. Тело животных было покрыто прочными кожными щитками, предохранявшими их от кишевших кругом хищных пресмыкающихся, порой размерами с тигра и более. Вооруженные страшными клыками, хищники могли, как кинжалами, закалывать свою жертву. К числу таких хищников относится иностранцевия [2] из группы зверообразных пресмыкающихся. Эта группа, происшедшая от древних котилозавров, была, в свою очередь, родоначальной для млекопитающих. Таким образом, она занимает важное место в истории позвоночных. В отличие от неуклюжих парейазавров иностранцевии обладали, как и должно быть свойственно хищникам, большой подвижностью. Это были самые крупные наземные хищники палеозойской эры.

[1] Парейазавры («щекастые ящеры») названы так из-за своеобразных выростов на черепе в щечной области.

[2] Иностранцевия названа так в честь крупного русского геолога А. А. Иностранцева.

В составе северодвинской фауны встречаются и сравнительно небольшие хищники, величиной с собаку, а также своеобразные пресмыкающиеся — дицинодонты («двуклыкозубы»), имевшие во рту всего два зуба — пару верхних клыков. Этими клыками обладали только самцы, а самки вовсе не имели зубов. Челюсти дицинодонтов имели вид клюва, так же как у черепах; по-видимому, они были растительноядными животными.

Помимо пресмыкающихся, в состав северодвинской фауны входили стегоцефалы — двинозавры[1], интересные тем, что в течение всей своей жизни, кроме легочного дыхания, они сохранили и жаберное, напоминая этим современных аксолотлей.

Есть в северодвинской фауне еще одно любопытное животное — котлассия [2]. Она относится к промежуточной группе между земноводными и пресмыкающимися, и это лишний раз подтверждает, что пресмыкающиеся произошли от земноводных. По строению черепа и зубов котлассия похожа на земноводных — стегоцефалов, а по общему облику и другим признакам она напоминает пресмыкающихся.

Чтобы закончить обзор пермской фауны наземных позвоночных, упомянем еще об одной интересной группе зверообразных пресмыкающихся — пеликозаврах.

Скелеты пеликозавров, встречающиеся в пермских отложениях Русской платформы [3], принадлежат мелким животным, похожим на ящериц.

Пеликозавры, известные из пермских отложений Северной Америки, имеют весьма своеобразный вид. Например, у диметродонов остистые отростки позвонков, достигавшие почти метровой длины, образовывали над спиной гребень, на который была натянута перепонка. Такое необычное строение до сих пор еще не разгадано как следует. По способу питания пеликозавры отличались друг от друга. Среди них были как хищники, так и растительноядные формы. При этом одни из хищников питались моллюсками, другие — рыбой, третьи — насекомыми.

Нужно сказать, что вообще пресмыкающиеся в конце палеозоя были очень разнообразны. Они приспособились к различным усло-

[1] Название происходит от р. Северной Двины.

[2] Название получила от г. Котласа.

[3] Русская платформа — геологическое понятие; соответствует равнинной части восточной половины Европы.

ДРЕВНЕЙШИЕ НАЗЕМНЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ

1. Древнейший стегоцефал — ихтиостега.

2. Триасовые стегоцефалы были преимущественно жителями водоемов.

3. Диметродон — представитель пеликозавров; отростки позвонков у него достигали почти метра в длину и образовывали гребень с натянутой перепонкой.

4. Своеобразные пресмыкающиеся — дицинодонты — имели во рту всего два зуба — пару верхних клыков.

5. Котлассия относится к промежуточной группе между земноводными и пресмыкающимися.

(Рисунки К. К. Флерова.)

Таблица 2.

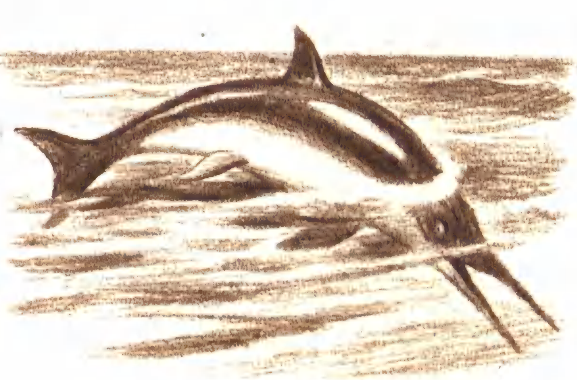
ПОЗВОНОЧНЫЕ МЕЗОЗОЯ — ОБИТАТЕЛИ ВОЗДУХА, СУШИ И МОРЯ

1. Первоптица — археоптерикс.

2. Представитель цинодонтов—циногнат — строением тела очень похож на млекопитающих.

3. Текодонты были небольшими животными, напоминающими ящерицу, но передвигались они на двух ногах.

4. Плиозавр относится к крупным морским пресмыкающимся, широко распространенным в юрский период.



5. Рыбоподобное пресмыкающееся — ихтиозавр.

(Рисунки К. К. Флерова.)

ДИНОЗАВРЫ СЕРЕДИНЫ МЕЗОЗОЯ

1. Стегозавр — громадный травоядный ящер; два ряда треугольных костных шипов на спине защищали его от хищников.

2. Пситтакозавр — ящер, морда которого напоминала клюв попугая.

3. Диплодок достигал 30 *м* длины и был одним из самых крупных животных, обитавших когда-либо на Земле.

(Рисунки К. К. Флерова.)

ЛЕТАЮЩИЙ ЯЩЕР И ДИНОЗАВР КОНЦА МЕЗОЗОЯ

1. Гигантский летающий ящер — птеранодон, достигавший 8 *м* в размахе крыльев.

2. Тираннозавр — исполинский двуногий хищный ящер (до 5 *м* высотой) — был страшным врагом всех наземных животных.

(Рисунки К. К. Флерова.)

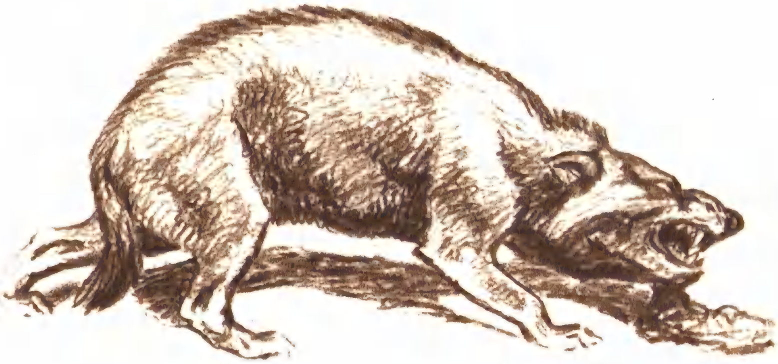
ДИНОЗАВРЫ КОНЦА МЕЗОЗОЯ

1. Панцирный динозавр; его тело сверху защищал костный панцирь, образовавшийся из сросшихся костных щитков с короткими острыми шипами.

2. Рогатый динозавр — стиракозавр. Задняя часть его черепа разрослась в костный «воротник», по краям которого торчали громадные острые шипы.

(Рисунки К. К. Флерова.)

ДРЕВНИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ



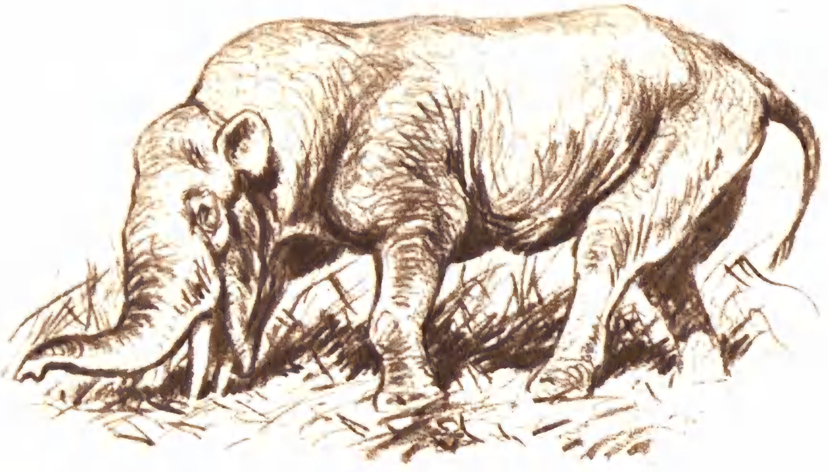
1. Предок настоящих хищных млекопитающих—креодонт.

2. Монголотерий — представитель диноцерат — обладал сходством и с копытными и с хищниками.

3. Титанотерий — крупное носорогообразное животное.

(Рисунки К. К. Флерова.)

ГИППАРИОНОВАЯ ФАУНА



1. Мастодонт — древнее хоботное животное — в отличие от слонов имел не только верхние, но и нижние бивни.

2. Гиппарионовая фауна. На переднем плане трехпалые лошади — гиппарионы, вдали — жирафы.

(Рисунки К. К. Флерова.)

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ

1. Громадная саблезубая кошка — смилодон.

2. Эласмотерий — животное из группы носорогов.

3. Волосатый носорог.

(Рисунки К. К. Флерова.)

виям существования на суше. Они были самой высокоорганизованной группой животных на земном шаре в пермский период.

ПОЯВЛЕНИЕ ДВУНОГИХ ЯЩЕРОВ

Мезозойская эра — «эра средней жизни» — делится на три периода: триасовый[1], юрский и меловой. В триасовый период суша занимала громадные площади. На территории Европы, в том числе и Европейской части СССР, были обширные материковые равнины. В триасовых отложениях встречаются остатки стегоцефалов, достигавших иногда громадных размеров, как например мастодонзавр — с головой более одного метра. Триасовые стегоцефалы были обитателями водоемов, преимущественно донными формами, о чем свидетельствует строение их глазниц: они сильно сближены и обращены прямо вверх. По-видимому, стегоцефалы лежали часами на дне водоемов, подстерегая неосторожную жертву — рыб или других водных животных.

История стегоцефалов в триасе кончается. Эта некогда многочисленная и разнообразная группа постепенно уступила свое господство более высокоорганизованным животным — пресмыкающимся, которые в мезозойскую эру становятся наиболее широко распространенными животными среди позвоночных, населяя не только сушу, но и воду и воздух.

Котилозавры и зверообразные пресмыкающиеся к концу триасового периода тоже вымирают, их сменяют архозавры — пресмыкающиеся, характерные для мезозоя. Последние зверообразные пресмыкающиеся — цинодонты («клыкозубы») в полном смысле зверообразны, очень похожи на зверей, т. е. млекопитающих. Представителя цинодонтов — циногната — можно принять скорее за млекопитающее, нежели за рептилию, т. е. пресмыкающееся; особенно большое сходство в строении черепа, очень похожего на череп собаки или волка. Зубы такие же, как у хищных млекопитающих,— подразделяются на резцы, клыки и коренные. Такое же сходство и в строении скелета в целом. Еще большим сходством с млекопитающими обладают иктидозавры, которых долгое время считали млекопитающими и лишь недавно отнесли к рептилиям. Цинодонты и иктидозавры очень близки к непосредственным предкам зверей, что доказывает происхождение млекопитающих от рептилий. Одна из самых интересных групп мезозойских пресмыкающихся — архозавры, т. е. «родоначальные ящеры»[1]. Они делятся на текодонтов, динозавров, крокодилов и летающих ящеров.

Для большинства архозавров характерно двуногое хождение. Триасовые архозавры были небольшими животными, похожими на ящерицу и хищными по образу жизни. Зубы у них сидели в отдельных ячейках, откуда и название «текодонты» («ячеезубые»). Двуногое хождение у текодонтов уже хорошо выражено — задние конечности намного больше и массивнее передних.

Что же было причиной возникновения двуногого хождения? Профессор И. А. Ефремов полагает, что в триасе, с его равнинным ландшафтом, создались подходящие условия для заселения наземными позвоночными открытых пространств (в палеозое наземные позвоночные обитали в основном в лесах либо в зарослях по берегам рек). А на открытом пространстве важно видеть как можно дальше, чтобы вовремя заметить опасность или добычу. Архозавры и были именно той группой наземных позвоночных, которая перешла к обитанию на открытых пространствах, хотя некоторые архозавры жили в воде и даже в воздухе (летающие ящеры), что соответствующим образом сказалось на их строении.

В конце триаса появилась другая группа архозавров — динозавры («динос» — по-гречески «удивительный», «страшный»). Среди них были не только хищные, но и растительноядные динозавры — зауроподы[2]. Вначале, как и хищные динозавры, они были двуногими животными, а затем (в юрский период) в связи с приспособлением к обитанию в воде, куда, по-видимому, их «загнали» хищные собратья, они опять вернулись к четвероногому хождению. Триасовые динозавры по сравнению с юрскими и меловыми гигантами «невелики»: их длина «всего-навсего» 5—6 *м*.

Из других групп пресмыкающихся, появившихся в триасе, отметим черепах и клювоголовых. Обе группы дожили до настоящего времени. Единственный современный представитель клювоголовых — гат-

[1] «Триас» по-гречески значит «состоящий из трех»: отложения триаса в Центральной Европе (где он был впервые подробно изучен) четко разграничены на три отдела.

[1] Имеется в виду их родоначальность для ряда мезозойских групп пресмыкающихся.

[2] Зауроподы — по-гречески «ящероногие».

терия (см. том 1 ДЭ) обитает только в Новой Зеландии. Триасовые черепахи, в отличие от более поздних, не обладали способностью втягивать под панцирь голову, хвост и конечности. Эти части тела у них были покрыты шипами.

ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ — ЗАВОЕВАТЕЛИ СУШИ, МОРЯ И ВОЗДУХА

В триасе пресмыкающиеся начинают осваивать море. Из всех пресмыкающихся наиболее приспособились к водному образу жизни ихтиозавры, или «рыбоящеры». Их сходство с рыбами, а с другой стороны, с дельфинами, относящимися уже к млекопитающим, указывает на сходный образ жизни представителей всех трех классов. Ихтиозавры жили в открытом море. Они были великолепными пловцами и питались главным образом рыбой, но не «брезгали», вероятно, и другой живностью, которая попадалась. Крупные представители ихтиозавров юрского периода достигали 10—12 *м* длины и смело могли соперничать с акулами.

По своему облику ихтиозавры были настолько рыбоподобны, что гораздо легче их было бы принять за рыб, нежели за пресмыкающихся. У них была рыбообразная форма тела, конечности превратились в ласты, а на спине и в хвостовой области развились плавники, правда, не настоящие — не с лучами, как у рыб, а образованные кожными складками. Число костей в конечностях (фаланг) сильно возросло, а у некоторых ихтиозавров увеличилось даже число пальцев (до 8). В глазницах развились склеротические пластинки для предохранения глаз от давления воды. И еще одна интересная подробность: ихтиозавры, утратив возможность выхода на сушу, стали живородящими животными. Пресмыкающиеся, как известно, обычно размножаются, откладывая яйца, но в воде — без достаточного света и тепла — развитие зародыша не могло бы происходить.

На примере ихтиозавров видно, как может измениться животное в процессе приспособления к окружающим условиям. Если бы у организмов не было этой способности, то животное никогда бы не смогло освоить новую среду обитания. Триасовые ихтиозавры составляют переходное звено от наземных пресмыкающихся к типично водным, какими стали юрские ихтиозавры. У триасовых ихтиозавров хвост был почти прямой, со слабо развитым плавником, рыло короткое, а конечности не имели еще вида настоящих ластов.

В триасе перешла жить в море еще одна группа пресмыкающихся — нотозавры. В отличие от ихтиозавров они были обитателями прибрежной части моря, не утратившими окончательной связи и с сушей. По своему облику нотозавры отдаленно напоминали ящерицу, но с очень длинной шеей, с ластообразными конечностями. Как и ихтиозавры, нотозавры питались в основном рыбой, может быть моллюсками, но были значительно меньших размеров— длиной около одного метра.

Нотозавры являются вероятными предками плезиозавров — крупных морских пресмыкающихся, достигших широкого распространения в юрский период.

Таким образом, триас — время появления многих групп животных, и прежде всего пресмыкающихся нового облика. Среди растений наиболее распространены голосемянные — саговники, хвойные и гинкговые. В конце периода появились беннеттиты, но наиболее пышного развития эта флора достигает в юрский период.

Юрский[1] период, или юра́, знаменует собой начало широкого распространения морей. Район теперешнего Подмосковья, Средняя Волга также были заняты юрским морем. В черных глинах под Москвой и в горючих сланцах Заволжья в изобилии встречаются остатки беспозвоночных морских животных. Особенно многочисленны головоногие моллюски — аммониты и белемниты. Раковина большинства аммонитов была закручена в одной плоскости и имела вид диска. Диаметр такого диска обычно 5—10 *см*, а у некоторых аммонитов достигал 1 *м* и более.

Аммониты, подобно современным спрутам, были опасными морскими хищниками. Их мягкое тело помещалось в последней, или наружной, камере раковины, остальные же камеры заполнялись воздухом или газами. Все камеры соединялись особой трубочкой — сифоном, при помощи которого животные могли регулировать нужное им количество газа в камерах. При уменьшении количества газа в камерах аммонит увеличивал удельный вес своей раковины и мог быстрее погружаться на дно, а при увеличении количества газа удельный вес уменьшался и животное всплывало. Таким образом, это был своеобразный гидростатический аппарат. Любопытно, что перегородки между камерами имели вид плоскости, которая была как бы

[1] Юрский период назван по Юрским горам в Швейцарии.

вмята то в одну, то в другую сторону. Такая плоскость, пересекаясь со стенками раковины, образовывала на них сложную волнистую линию, получившую название лопастной. У всех аммонитов она выглядит по-разному и служит хорошим отличительным признаком. У более поздних аммонитов она сложнее, у ранних — проще. Сложное строение межкамерной перегородки — приспособление к сильному давлению воды на глубине, которое как бы разбивалось о бесчисленные неровности — выступы или углубления перегородки. Способность хорошо противостоять давлению и, следовательно, изменению его была очень важна при активном движении аммонитов (см. рис. на стр. 189).

Белемниты[1], часто известные под названием «чертовых пальцев», имеют вид сигары длиной обычно в 10—12 *см*. На одном конце такой сигары внутри имеется коническое углубление, в котором помещалась остаточная раковина, иногда сохраняющаяся в этом углублении. Она по мере роста животного обволакивалась кожистой складкой — мантией. Мантия выделяла кальций, который, концентрически нарастая вокруг первичной раковины, образовывал «сигару», или «копье». Белемниты, как и аммониты, были активными пловцами и хищниками. Внешне они должны были несколько напоминать современных кальмаров. Белемниты известны только из отложений мезозоя: они появились в триасе и вымерли в меловом периоде (см. рис. на стр. 162). Головоногие моллюски были хищниками, и притом активными, но у них тоже имелись враги. Такими врагами, прежде всего, были потомки нотозавров — плезиозавры. Скелеты плезиозавров встречаются у нас в заволжских сланцевых рудниках, иногда глубоко под землей — при разработке шахт. Волжские плезиозавры принадлежат к особой группе — плиозаврам, которые, в отличие от остальных плезиозавров, обладали короткой шеей, но громадной головой. Общий размер плиозавров достигал 12—15 *м*. Это были морские хищники, которые могли смело нападать на кого угодно. Питались они в основном моллюсками и рыбой; обитали в прибрежной зоне морей. Конечности их превратились в огромные ласты — весла, при помощи которых животное передвигалось.

[1] От греческого слова «белемнон» — копье, стрела.

Самое интересное животное юрского периода — археоптерикс, или первоптица. На рисунке — скелет первоптицы и отпечаток оперения.

Плезиозавра очень удачно сравнивают со змеей, продетой через туловище черепахи. Действительно, у плезиозавра змеиная голова и шея при довольно широком и коротком неуклюжем туловище.

У некоторых плезиозавров, как например у мелового эласмозавра, шея была необыкновенной длины: число шейных позвонков достигало 76. По-видимому, такие плезиозавры спокойно плавали или покоились на воде, а затем при виде рыбы или другой добычи молниеносно выбрасывали свою голову на длинной шее, и жертва оказывалась схваченной. Плиозавры, вероятно, вели более подвижный образ жизни и, будучи хорошими пловцами, гонялись за своей добычей, хватая ее на ходу.

Не менее опасными хищниками юрских морей были ихтиозавры. Остатки их нередко встречаются как в черных глинах Подмосковья, так и в отложениях Поволжья.

Большое количество скелетов юрских морских пресмыкающихся найдено в Германии (в золенгофенских сланцах Баварии). Вместе с ними были найдены 2 экземпляра древних птиц. Один из них был куплен знаменитым английским ученым Ричардом Оуэном и описан им под названием археопте-

рикса[1]. Этот экземпляр хранится в Лондонском музее. Другой экземпляр, лучшей сохранности, получил название археорниса[2] и был помещен в Берлинский музей. Как выяснилось недавно, оба животных представляют один и тот же вид. По правилу приоритета, т. е. первенства, в описании этот вид сохраняет название археоптерикса. Но не в этом дело. Самое замечательное заключается в том, что археоптерикс представляет собой промежуточную форму между птицами и пресмыкающимися. Долго длился спор, к какому из двух классов правильнее отнести это животное. Теперь этот спор решен «в пользу» птиц и археоптерикс считается самой древней птицей из всех известных.

Археоптерикс был величиной с ворону и по общему облику похож на птицу. У него имелось оперение. Однако клюв его был усажен зубами, как у пресмыкающихся; хвост, в отличие от птичьего короткого «копчика», был длинный, насчитывавший около 20 позвонков, а передние конечности сохранили свободные пальцы с когтями, торчавшие над крыльями. При помощи этих пальцев археоптерикс мог карабкаться вверх — на скалы и деревья, так как он был еще плохим летуном и, видимо, предпочитал летать сверху вниз, чем наоборот, или в лучшем случае совершал планирующие перелеты. Вероятно, археоптерикс развился из лазавших по деревьям рептилий, для которых планирующие перелеты были важным приспособлением к быстрому и безопасному передвижению.

Кроме археоптерикса, в юре были и другие животные, родной стихией которых стал воздух,— это птерозавры («крылоящеры»), или летающие ящеры. Внешне они были похожи на птиц, но тело их оставалось, вероятно, голым, без перьев. Крылья, как у летучих мышей, представляли собой кожную перепонку, натянутую между боковой стороной тела и пятым пальцем передних конечностей. Остальные пальцы, как у археоптерикса, были свободными и имели когти. Как и у птиц, многие кости у птерозавров были воздухоносны, а грудина, к которой прикреплялись мышцы, приводившие в движение крылья, сильно развита. Хвост был длинным и оканчивался у некоторых видов кожистым рулем, помогавшим ящеру управлять полетом.

Поразительное сходство птерозавров и птиц объясняется сходными условиями их существования. Подобных примеров сходства между различными группами животных, носящего название конвергенции, в истории животного мира очень много. Они указывают на тесную зависимость строения организма от окружающей среды.

Большинство летающих ящеров питалось рыбой. Подобно современным чайкам, они ловко выхватывали из воды добычу на лету.

Летающие ящеры, как и птицы, произошли от текодонтов, но их приспособление к полету оказалось менее совершенным, чем у птиц, и они просуществовали всего два периода — юрский и меловой. Юрские летающие ящеры сравнительно невелики: наиболее крупные из них, такие, как рамфоринх, были длиной около полуметра.

В меловой период птиц становится все больше и они заселяют те области, где обитали летающие ящеры. Летающие ящеры начинают вымирать. Некоторые из них представлены гигантскими формами, как например птеранодон, достигавший 8 *м* в размахе крыльев.

Из сухопутных животных юры наиболее распространенной группой были динозавры. Характерным представителем растительноядных динозавров из группы зауропод был диплодок[1]. Длина диплодока около 30 *м*; из них более половины приходится на хвост, да и шея значительно длиннее туловища. Диплодок — одно из крупнейших животных, когда-либо водившихся на Земле. Несмотря на сравнительно короткое тело, он весил десятки тонн, и эту громадную тяжесть поддерживали четыре колонноподобные ноги.

Если бы такая махина жила на суше, она не смогла бы легко передвигаться. Зато в воде диплодок чувствовал себя превосходно. Он был обитателем больших озер или мелких внутриматериковых морей, может быть придельтовой части крупных рек. Диплодока иногда называют «ящером-водолазом» — это вполне справедливо. Громадный рост диплодока позволял ему заходить в воду на значительную глубину, особенно если учесть, что он мог вставать на задние лапы, более массивные, чем передние; громадный рост его вместе с тем был хорошей защитой от различных водных хищников, с которыми он мог сталкиваться, а также защитой от самой воды, т. е. от прибойной волны. Питался диплодок в основном водной растительностью.

---

[1] От греческих слов «архайос (археос)» — древний, «птерикс» — крыло.

[2] Археорнис — от греческих слов «архайос (археос)» — древний и «орнис» — птица.

[1] «Диплодок» означает «двудум». Крестцовый мозг у этого животного был значительно больше головного.

Хищные динозавры, такие, как цератозавр, аллозавр и другие, достигли очень крупных размеров. Передние конечности их всё укорачиваются, а задние, наоборот, увеличиваются, напоминая по своей форме ноги гигантских хищных птиц. Огромным становится череп с мощными зубами-кинжалами.

В конце юрского периода появляется новая группа динозавров — стегозавры. Это громадные сухопутные ящеры, спина которых была покрыта (отсюда и название «стегозавры»: «стего» — покрываю) двумя рядами треугольных костных шипов, защищавших их от нападения хищников. Стегозавры вернулись к четвероногому хождению, так как при таком положении тела они были неуязвимы. Хищные динозавры могли нападать на них только сверху, но спину надежно защищали шипы. При двуногом положении у стегозавра передняя часть тела оставалась бы незащищенной. Таким образом, мы видим, что растительноядные динозавры либо приспосабливаются к водному образу жизни, либо если остаются на суше, то только с надежными средствами «обороны».

Чтобы закончить характеристику жизни в юрский период, необходимо отметить появление хорошо известных нам групп животных, доживших до настоящего времени,— это лягушки, крокодилы и ящерицы. В юрский же период появились первые млекопитающие — потомки триасовых зверообразных рептилий. Это были небольшие лесные зверьки, не крупнее кошки или зайца. Одни из них, судя по строению черепа и зубов, были похожи на грызунов, другие — на насекомоядных, третьи — на хищников—это те основные группы млекопитающих, которые получили настоящее развитие уже в кайнозое.

Среди растительного мира юры наиболее широко распространены были различные голосемянные растения: саговники, беннеттиты, хвойные, гинкговые.

Саговники были медленно растущими, сравнительно невысокими деревьями с длинными перистыми листьями, собранными на вершине, как у древовидных папоротников или как у некоторых современных пальм. Саговники — потомки семенных папоротников. Близкие к саговникам беннеттиты интересны тем, что они, вероятно, являются предками покрытосемянных, или цветковых, растений, появившихся в меловой период (либо в конце юрского периода). Спороносный аппарат беннеттитов напоминает цветок покрытосемянных, а их семя также имеет покров.

Гинкговые деревья имели мощный ветвистый ствол и листья вееровидной или ланцетовидной формы. В настоящее время сохранился лишь один вид гинкговых, который считается священным деревом в Японии и Китае и с древних времен охраняется человеком.

Среди хвойных в мезозое были распространены араукариевые, встречающиеся ныне в небольшом числе видов в Австралии и Южной Америке. В юре существовали и мамонтовы деревья (секвойи)— гиганты растительного мира, сохранившиеся в настоящее время в Калифорнии. Ели, сосны, пихты и другие хвойные наших широт появились позднее, в меловой период.

«ВЕЛИКОЕ ВЫМИРАНИЕ» ЯЩЕРОВ

Меловой[1] период начинается по сравнению с юрой некоторым сокращением морей; затем происходит еще большее, чем в юре, погружение материков и расширение границ моря. Конец мелового периода характеризуется мощными горообразовательными процессами, особенно в области Тихого океана, в связи с чем снова увеличивается площадь материков.

В середине мелового периода происходят очень существенные изменения в растительном покрове Земли — это необычайно быстрое распространение покрытосемянных растений. Они, несомненно, существовали уже в юрском периоде, но не играли тогда заметной роли среди господствовавших голосемянных растений. Очень редки их находки в отложениях первой половины мелового периода. Но во второй его половине эти растения быстро расселяются по всему земному шару.

Покрытосемянные растения мелового периода представлены древесными формами, среди них встречались существующие и ныне: тополи, ивы, калины, дубы, платаны, эвкалипты, магнолии, пальмы.

В меловой период продолжается расцвет различных групп динозавров, на смену одним видам появляются новые. Из растительноядных динозавров, помимо зауропод, в начале мела распространены мелкие и крупные двуногие формы. В 1953 г. в СССР, в Чулымо-Енисейской впадине, было открыто местонахождение мелких динозавров — так называемых пситт-

[1] Меловой период, или мел, назван так в связи с обилием белого пишущего мела в отложениях.

такозавров[1]. Это первое в нашей стране местонахождение динозавров, где скелеты встречаются в неповрежденном виде. В других местах — на Амуре, в Казахстане[2], в Средней Азии — кости динозавров встречаются окатанными, так как слои, в которых они отложились, подверглись размыву, а кости — частичному разрушению, прежде чем попали снова в захоронение.

Современниками пситтакозавров были также двуногие, но более крупные, до 5 *м* высотой,— игуанодоны (названы так из-за сходства в строении зубов с ящерицей игуаной). «Кладбище» игуанодонов (29 скелетов) было обнаружено в прошлом столетии в Бельгии. В 1951 г. остатки игуанодонов были найдены почти в противоположной точке земного шара — в Монгольской Народной Республике (см. стр. 230). Игуанодоны имели массивные задние конечности, на которых они передвигались, и более легкие передние. Когти на ногах у них превратились в полукопыта. Череп по своим очертаниям удивительно напоминает череп лошади, а зубы, сложно устроенные, имеют высокую коронку, как у травоядных млекопитающих.

Еще большим сходством с жвачными млекопитающими обладают утконосые динозавры, более поздние родственники игуанодонов. В отличие от игуанодонов, обитателей побережий водных бассейнов, утконосые динозавры перешли к жизни в самих водных бассейнах, главным образом в болотах, озерах, дельтах рек. В качестве характерного представителя утконосых динозавров можно назвать зауролофа[3], скелет которого выставлен в Палеонтологическом музее Академии наук СССР. Зауролоф — один из самых крупных двуногих динозавров, когда-либо существовавших. Высота его достигала 9—10 *м*, при этом на одни задние ноги приходилось около 4 *м*. Конечно, он имел и колоссальный вес. Задние лапы зауролофа очень массивны и по своему строению напоминают лапы крупных млекопитающих — носорогов, бегемотов и слонов. Когти, свойственные пресмыкающимся, превратились в широкие копытные фаланги в связи с постоянным хождением животного по мягким грунтам. Между пальцами передних конечностей, вдвое меньших, чем задние, были натянуты плавательные перепонки. Зауролоф передними конечностями пользовался не только для плавания, но и для опоры, когда он нагибался во время еды. Хвост зауролофа был рулем и мощным двигательным органом при плавании. Голова его в передней части напоминала утиный клюв, которым этот ящер «щипал» растения. Во рту на каждой половине челюсти имелось 40—50 зубов, причем зубы по мере стачивания заменялись новыми, подобно тому как у нас молочные зубы заменяются коренными. Зубы, срастаясь, образовывали на каждой челюсти единую поверхность в виде «зубной батареи». Такими челюстями зауролоф действовал, как гигантскими ножницами.

Громадное местонахождение утконосых, хищных и других динозавров было открыто несколько лет назад советской палеонтологической экспедицией в меловых отложениях у подножия хребта Нэмэгэту в Монголии (см. стр. 233).

Современниками утконосых динозавров были крупные сухопутные чудовища — рогатые и панцирные динозавры. Рогатые динозавры внешне напоминают носорогов, часто, однако, превосходя их размерами. Это были растительноядные животные; их челюсти оканчивались громадным клювом, но, кроме клюва, у них были также и зубы. На голове такого динозавра имелось от 1 до 5 рогов, иногда достигавших 1,5—2 *м* длины. В зависимости от числа рогов и назвали этих животных, например трицератопс — «трехрогий». Задняя часть черепа разрасталась в своеобразный «воротник», прикрывавший шею. У некоторых рогатых динозавров, как например у стиракозавра, по краям такого воротника торчали громадные острые шипы.

Не менее надежно были защищены и другие растительноядные динозавры — панцирные, иногда называемые «ящерами-танками». Подобно рогатым динозаврам, они передвигались на четырех ногах. Их тело, как у черепах, сверху было покрыто костным панцирем, образовавшимся из сросшихся костных щитков, на которых имелись еще короткие острые шипы. Хвост у панцирных динозавров был обычно длинным и на конце нес громадные шипы. Как и рогатые динозавры, панцирные динозавры, вероятно, были обитателями зарослей вблизи различных водных бассейнов, где находили достаточно пищи и легко могли спрятаться от врагов.

Постоянными врагами этих динозавров

---

[1] Пситтакозавр — по-гречески «ящер с клювом попугая».

[2] В 1957 г. в Центральном Казахстане также открыто коренное местонахождение верхнемеловых динозавров.

[3] Зауролоф — «ящер с гребнем» — назван по гребню, которым сзади оканчивается череп этого динозавра.

были исполинские хищные ящеры — тираннозавры («ящеры-тираны»), мало уступавшие по размерам утконосым динозаврам. По сравнению со своими юрскими предками они увеличились в размерах и стали еще более «двуногими»; задние конечности у тираннозавров массивные и сильные, вооруженные страшными когтями, тогда как передние — совсем короткие — играли, вероятно, очень небольшую роль (при ловле добычи, ее пожирании). Задних лап с когтями и метровой пасти с громадными зубами было достаточно, чтобы тираннозавр мог расправиться с любым животным, поэтому у него не было большой надобности в тяжелых передних конечностях как органах нападения. Наоборот, их уменьшение способствовало более легкому и быстрому передвижению хищников.

Наряду с гигантскими тираннозаврами существовали и сравнительно «небольшие» (до 5 *м* длиной) хищные динозавры, очень похожие по очертаниям тела на бегающих птиц, почему они и получили название страусообразных динозавров. У некоторых из них даже не было зубов во рту, и это еще более увеличивало их сходство с птицами. Однако их передние лапы представляли собой не крылья, а обычные конечности с цепкими и сильными когтями. Питались страусообразные динозавры, вероятно, мелкими животными.

Достигнув большого разнообразия и распространения в мелу, динозавры не оставили после себя потомков. С концом мелового периода и, следовательно, мезозоя кончается их история.

Мезозой — время широкого распространения пресмыкающихся: черепах, ящериц и змей, крокодилов, летающих ящеров, но особенно динозавров. В середине мезозоя появились и высшие классы позвоночных — птицы и млекопитающие, но представители их были малочисленны и мелки и, естественно, не могли конкурировать с множеством пресмыкающихся, завоевавших все области жизни.

Меловые птицы, в отличие от юрского археоптерикса,— уже настоящие птицы, хотя все еще сохраняют некоторые примитивные черты строения, например зубы. Поэтому они и получили название зубастых птиц. К ним относится ихтиорнис, напоминавший по образу жизни чайку, и гесперорнис, сходный по образу жизни с гагарой. Среди меловых млекопитающих известны уже сумчатые и, по-видимому, появились плацентарные. Это высшие млекопитающие. У них зародыш питается через плаценту — место прикрепления плода к телу матери. Отсюда происходит и название.

Вымирание пресмыкающихся в конце мезозоя получило название «великого вымирания». Исчезли последние динозавры, крупные морские пресмыкающиеся: ихтиозавры, плезиозавры и др.,— а также летающие ящеры. Однако нельзя забывать, что пресмыкающиеся вымирали не только в конце мезозоя, но и на всем протяжении его. Граница мезозоя и кайнозоя и проведена именно там, где исчезают все эти ящеры и появляются в изобилии млекопитающие, так же как вообще все геологические границы проведены в согласии с основными этапами жизни на Земле.

Какие же причины вызвали массовое вымирание пресмыкающихся в конце мезозоя?

Конец мелового периода — эпоха довольно крупных горообразовательных движений, в частности образования Анд и Северо-Американских Кордильер. В середине мелового периода поднялись горы в Верхоянско-Чукотской области, в Юго-Восточном Китае и в Индокитае.

По-видимому, горообразовательные процессы, вызвавшие сокращение площади морей и водоемов суши, сразу сильно сузили области обитания этих групп пресмыкающихся, так или иначе связанных с водой. Изменение физико-географических условий в направлении континентальности климата оказалось неблагоприятным для многих животных, развивавшихся в условиях мягкого мезозойского климата при широком распространении мелких морей и громадных заболоченных низменностей. Ухудшение климата неизбежно вызвало изменение растительности — прежде всего той, которая была связана с водоемами. В конце мезозоя эта растительность стала исчезать. Так как она служила источником пищи для растительноядных пресмыкающихся, обитавших в водоемах и вокруг них, то, естественно, ее исчезновение должно было неблагоприятно отразиться на этих рептилиях. Вымирание растительноядных рептилий, служивших пищей хищным, повело к вымиранию последних.

Вымирание в конце мезозоя захватило не только пресмыкающихся — наземных и морских, но и головоногих моллюсков — аммонитов и белемнитов, весьма многочисленных в юрских и меловых морях. Сокращение морских бассейнов явилось для них, прежде всего, сокращением их жизненной площади; одновременно менялся солевой режим морской воды.

Однако повышения солености морских бассейнов в конце мелового и начале третичного пе-

риода не наблюдалось, и вымирание аммонитов и белемнитов связано, вероятно, также с теми изменениями, которые происходили в органическом мире. Кроме того, в меловом периоде у головоногих моллюсков появились серьезные конкуренты — хищные представители костистых рыб, с которыми им трудно было соперничать в скорости при преследовании добычи. В конце мелового периода стали развиваться живущие до настоящего времени головоногие, не имеющие раковины, более свободные в своих движениях и лучше приспособленные к быстрому плаванию и нападению. Вымирание морских пресмыкающихся — плезиозавров, ихтиозавров и др. — связано, по-видимому, с вымиранием аммонитов и белемнитов, которые играли важную роль в питании этих хищников. Такова схема сложной взаимосвязи между изменением физико-географических условий и процессом вымирания животных.

ДРЕВНИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ

К а й н о з о й с к а я[1] эра («эра новой жизни») охватывает два периода: т р е т и ч н ы й и ч е т в е р т и ч н ы й, или а н т р о п о г е н, общей продолжительностью свыше 70 млн. лет, из которых на долю четвертичного периода приходится только 1 млн. лет. Если мезозойская эра была временем расцвета пресмыкающихся и голосемянных растений, то кайнозойская эра — время расцвета птиц, млекопитающих и покрытосемянных растений.

В п а л е о г е н е[2] — первом отделе кайнозойской эры — вначале продолжается отступание моря, увеличение суши; в результате Европа соединилась через Великобританию, Исландию и Гренландию с Северной Америкой. Этот мост между Европой и Америкой впоследствии не раз восстанавливался и снова заливался водой при наступании моря на сушу. При соединении Европы с Америкой происходил обмен фаунами.

Палеоген — время теплого климата. Тропическая растительность покрывала Западную Европу, южную половину Русской равнины и распространялась на область современной тропической полосы Азии и Америки. В начале палеогена на территории Средней Европы росли вечнозеленые дубы, лавры, коричные и камфарные деревья, магнолии, созревали грецкие орехи и винные ягоды. Вместе с пальмами и араукариями встречались липы, ивы и ольха. Плющ и виноград обвивались вокруг стволов высоких деревьев. Под их покровом в тенистых и влажных местах росли разнообразные папоротники, частью древовидные. Из хвойных обычны были болотные кипарисы и мамонтовы деревья. Широко распространены были бамбуки.

Еще более теплолюбивой становится флора Европы в середине палеогена, когда в лесах широко распространяются пальмы, крупные фикусы, эвкалипты, бананы. Растительность Европы очень напоминала тогда современную флору тропической Азии.

В последней трети палеогена флора Европы еще сохраняет тропический характер, но вместе с тем наряду с вечнозелеными тропическими дубами, лаврами и фикусами появляются грабы, тополи, клены — деревья с опадающей листвой, характерные для умеренно теплой зоны. В Северной части Средней Европы растут леса янтареносной сосны. В янтаре — затвердевшей смоле этой сосны — в большом количестве сохранились остатки насекомых. Особенно большие скопления янтаря находятся в Калининградской области, на побережье Балтийского моря.

По-видимому, в палеогене были многочисленны птицы, но особенно интересно развитие млекопитающих.

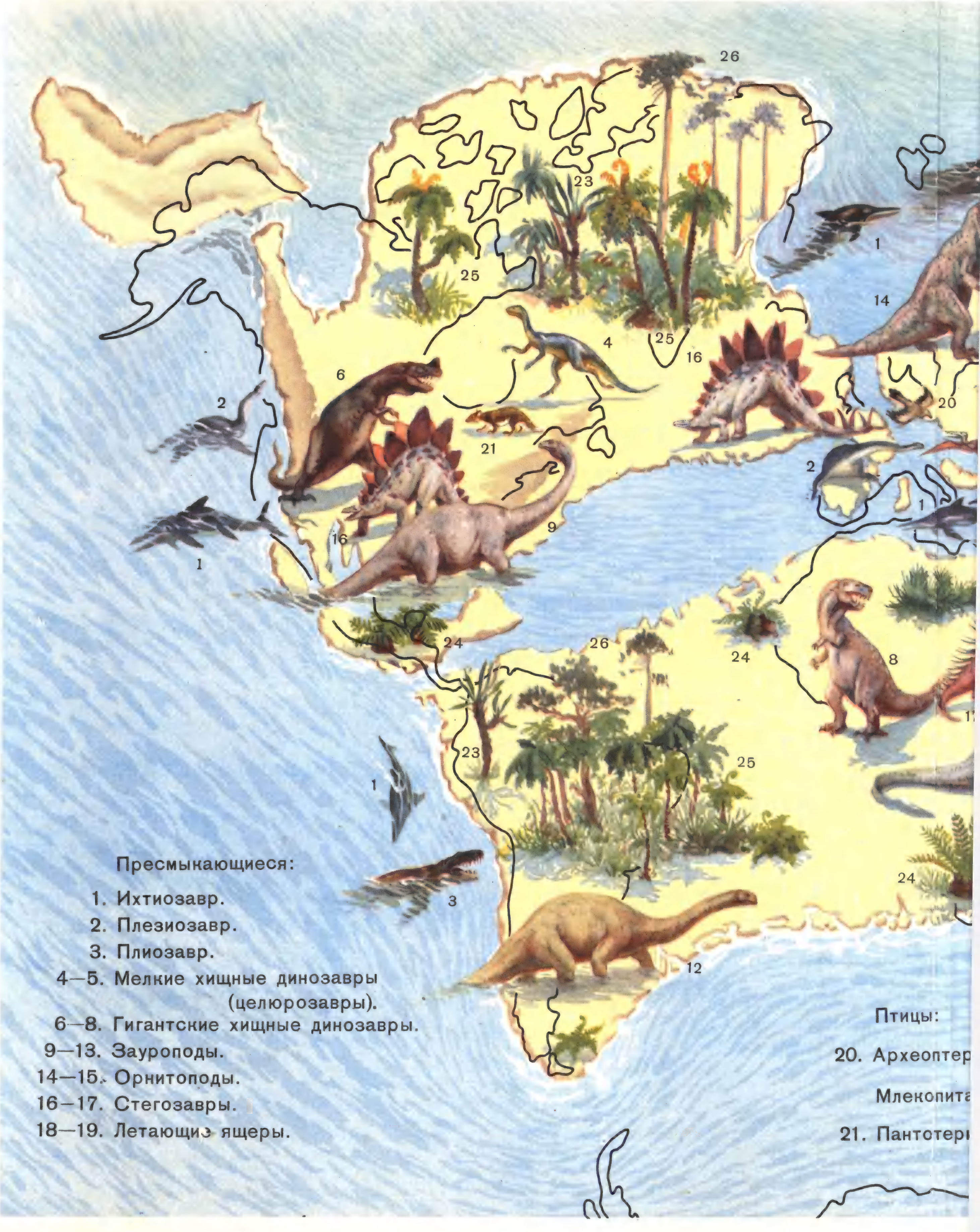
В начале палеогена млекопитающие еще мало отличались от своих юрских предков — пантотериев, хотя уже наметились основные группы млекопитающих: н а с е к о м о я д н ы е, г р ы з у н ы и х и щ н и к и. Это были в основном мелкие зверьки, обитавшие в лесных чащах и зарослях. Из хищников вскоре выделились две самостоятельные ветви — сначала к о п ы т н ы е, а затем к и т о о б р а з н ы е. Среди млекопитающих были животные, обладавшие смешанными признаками. Одна из таких групп — д и н о ц е р а т ы («страннороги»), крупное местонахождение которых было открыто советскими палеонтологами в Монгольской Народной Республике, неподалеку от местонахождения динозавров у подножия хребта Нэмэгэту.

По строению черепа и особенно зубов диноцераты сходны с копытными, именно жвачными, хотя сверху на черепе у них имелся продольный гребень, характерный для хищников. Остальная часть тела была вытянутой, как у хищников, с длинным хвостом, но конечности

[1] От греческих слов «кайнос» — новый и «зое» — жизнь.

[2] Палеоген — название, имеющее в виду древний облик Земли и, в частности, фауны (млекопитающих) того времени.

ФАУНА И ФЛОРА СЕРЕДИНЫ МЕЗОЗОЯ


Пресмыкающиеся:
1. Ихтиозавр.
2. Плезиозавр.
3. Плиозавр.
4—5. Мелкие хищные динозавры (целюрозавры).
6—8. Гигантские хищные динозавры.
9—13. Зауроподы.
14—15. Орнитоподы.
16—17. Стегозавры.
18—19. Летающие ящеры.
Птицы:
20. Археоптер
Млекопита
21. Пантотер

Птицы:

20. Археоптерикс.

Млекопитающие:

21. Пантотерий.

Растения:

22. Гинкго.

23—24. Беннеттиты.

25. Древовидные папоротники.

26. Араукария.

Бақыт.

были довольно массивными и больше напоминали ноги тяжеловесных копытных. Питались диноцераты травой и, может быть, кустарниковой порослью. Диноцераты служат несомненным доказательством происхождения копытных от хищников, хотя и не являются прямой переходной группой между ними. Диноцераты уже довольно крупные животные — больше овцы, но меньше коровы.

Киты вначале были небольшими, величиной с тюленя, тело их было рыбообразной формы, по строению же зубов они почти неотличимы от своих хищных наземных предков — креодонтов; лишь позднее киты достигли громадных размеров, причем часть из них так и осталась хищниками и сохранила зубы (кашалоты, дельфины), а остальные стали питаться планктоном — мелкими организмами, плавающими в воде во взвешенном состоянии.

Хищники почти до конца палеогена были представлены группой креодонтов, давших начало настоящим хищникам, отличавшимся от своих предков более совершенным строением зубов, способностью втягивать когти и т. д. Креодонты достигали очень крупных размеров — 7—8 *м* длины и были самыми громадными наземными хищниками среди млекопитающих.

В середине палеогена появилась группа крупных носорогообразных млекопитающих — титанотериев («звери-титаны») [1], остатки которых также найдены в Монголии. В отличие от носорогов титанотерии не имели рогов на черепе, но зато обладали выростами (иногда в виде лопаты) с полостью внутри. Титанотерии питались болотной растительностью, и эти полости могли служить дополнительными резервуарами для воздуха, что позволяло животным подолгу держать морду под водой.

Примерно в то же время, когда появились титанотерии, от копытных отделилась группа хоботных, часть которых перешла к водному образу жизни (сирены), часть же напоминала по образу жизни грызунов (даманы).

Древние хоботные были небольшого размера, с коротким хоботом. Лишь со временем у них удлинился хобот и произошли изменения в строении зубного аппарата, в том числе превращение резцов в бивни.

Наконец, в палеогене появилась еще одна важная группа млекопитающих — приматы, к которым принадлежат обезьяны и человек. Приматы, по-видимому, произошли от древесных лазающих форм насекомоядных. Самые древние обезьяны — лемуры — известны с середины палеогена. В конце палеогена появились собакообразные обезьяны. В неогене появляются человекообразные обезьяны, а на грани неогена и четвертичного периода (около 1 млн. лет назад) — человек. В конце палеогена облик архаической фауны млекопитающих начинает меняться, приближаясь к современному.

Покрытосемянные, или цветковые, растения (и особенно травы) к середине кайнозоя заселили широкие равнины, постепенно образовавшиеся после разрушения гор, воздвигнутых в конце мела. Появились степи, возникла богатая кормовая база для травоядных млекопитающих, которым стало уже «тесновато» в лесу. Началось освоение степей. Первыми туда направились копытные и грызуны, а за ними неизбежно потянулись и хищники. Копытные спасались от хищников бегством, а грызуны укрывались в норах. Некоторые из копытных достигали размеров вдвое больше слона, как например гигантский носорог индрикотерий. Целые скелеты этих исполинов были выкопаны в верхнепалеогеновых отложениях в Центральном Казахстане. История открытия индрикотерия заслуживает того, чтобы о ней рассказать.

В 1912 г. в Тургайских степях на р. Джиланчик были обнаружены кости крупных ископаемых животных. В ближайшее же лето Геологический комитет послал туда небольшую экспедицию под начальством Гайлита. По пути на Джиланчик встречные кочевники рассказали Гайлиту о скоплениях крупных костей на берегах озера Челкар-Тениз. По их мнению, там когда-то была битва великанов, чьи кости и до сих пор валяются по берегам озера. Увлеченный рассказами казахов, Гайлит повернул на Челкар-Тениз. Здесь действительно оказалось множество костей. Некоторые из них достигали полутора метров длины и более. Когда иссякли все средства, Гайлит вернулся в Петербург и с торжеством заявил, что привез целого мамонта. Однако никто не разделил его восторгов, так как он самовольно изменил маршрут и в результате привез давно всем известного мамонта. Ящики с костями так и остались стоять нераспакованными, и лишь значительное время спустя ими заинтересовался проф. Алексей Алексеевич Борисяк, впоследствии академик, основатель и первый директор Палеонтологического института Академии наук СССР. Взглянув на кости, Борисяк сразу же увидел, что они принадлежат вовсе не мамонту,

[1] Правильнее называть эту группу бронтотериями.

а какому-то неизвестному животному, притом более крупному, чем мамонт. Он назвал его индрикотерием в честь сказочного «индрика-зверя». Индрикотерий оказался гигантским безрогим носорогом (см. рис. на стр. 160—161).

На первый взгляд, «безрогий носорог» звучит странно. Дело в том, что название «носорог» было дано современным носорогам, которых изучили гораздо раньше, чем ископаемых, и лишь сравнительно недавно выяснилось, что самые древние носороги были безрогими. Они обитали по опушкам лесов и среди кустарников, иногда в степях и были подвижными, быстро бегающими животными, спасавшимися от хищников быстротой бега. Но позднее носороги перешли к лесному образу жизни. Быстрый бег в лесу был бесполезен и невозможен, и носороги становятся тяжелыми, мощными животными с великолепной защитой в виде рогов на черепе. Такими они дожили и до наших дней.

ИЗ ИСТОРИИ ЖИВОТНОГО МИРА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 25 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ [1]

В неогене[2] происходят очень крупные изменения на поверхности Земли. Это эпоха Альпийского горообразования, поднятия высочайших хребтов земного шара. В течение неогена континенты и моря постепенно принимают свои современные очертания. В конце неогена поднялись горные цепи Альп, Апеннин, Пиренеев, Атласа, горы Балканского п-ва и Карпаты. Закончилось образование гор Кавказа, подняли к облакам свои вершины горы Ирана, Копет-Даг, Памир, грандиозные хребты Гималаев и горы Индокитая.

По восточному побережью Тихого океана закончилось образование Кордильер и Анд с их громадными вулканами, а вдоль восточного побережья Австралии и Азии поднялись гирлянды Ново-Зеландских, Зондских, Филиппинских и Японских островов, Сахалин и дымящаяся гряда Курильских вулканов.

Поднялись и древние палеозойские горы Сибири и Средней Азии. На месте почти выровненных областей появились «возрожденные» горные громады Тянь-Шаня, возникли глыбовые горы в области Алтая, Прибайкалья.

[1] История органического мира в четвертичный период излагается в статье «Где и когда появились люди на Земле» (см. стр. 205).

[2] Название «неоген» имеет в виду новый облик земной поверхности, новую фауну на Земле.

К концу неогена создался рельеф, близкий к современному.

Изменились и климатические условия; в горных областях Европы появились первые ледники.

Эти изменения оказывали большое влияние на развитие органического мира. Прежде всего в течение неогена изменился растительный покров. В Европе постепенно отступили к югу пальмы, лавры, мирты, бананы и другие тропические и субтропические растения. Вместо них распространились деревья с опадающей листвой и хвойные.

Во второй половине неогена в Сибири, Китае, Монголии большие пространства заняли поросшие злаками степи.

Животный мир становится сходным с современным.

Для неогена очень характерна так называемая гиппарионовая фауна, о которой мы упоминали в самом начале. Она названа так по гиппариону — трехпалой лошади, близкой к предкам современной лошади. Кроме гиппариона, в состав этой фауны входили степные носороги, мастодонты, свиньи, антилопы, газели и другие копытные, а также грызуны и хищники — саблезубые кошки, гиены и т. д. Все эти животные обитали в степях типа саванн, покрытых высокими травами, кустарниками и отдельными деревьями. Гиппарионовая фауна сформировалась в середине неогена — 12—15 млн. лет назад; родина ее — Центральная Азия. Отсюда гиппарионовая фауна распространилась далеко на запад и юг. Известно много местонахождений этой фауны; самые крупные из них: Сивалики — в южных предгорьях центральной части Гималаев, Алтан-Тээли — в Западной Монголии, Павлодарское — в Казахстане, на юге Украины и др.

Потомки гиппарионовой фауны дожили до наших дней, они обитают в восточной части Центральной Африки: это носороги, жирафы, зебры, антилопы, страусы и т. д.

За мощными горообразовательными движениями в неогене, когда поднялись Альпы, Кавказ, Памир, Гималаи и другие горные хребты, последовало одно из крупнейших оледенений в истории Земли, происходившее в четвертичный период[1]. В ледниковые и межледниковые эпохи формировался современный ландшафт. Четвертичная фауна непосредственно

[1] Четвертичный период считали сперва эрой, и назван он был по первоначальному делению истории Земли на четыре эры.

связана с современной, являясь для нее исходной, или предковой.

Некоторые представители четвертичной фауны вымерли; это, прежде всего, пещерная фауна: пещерные львы, пещерные медведи и пещерные гиены, вероятно нередко охотившиеся за нашими предками, жилищем которых в течение долгого времени служили пещеры. Исчезли гигантские носорогообразные животные — эласмотерии, а также волосатые, или шерстистые, носороги и ближайшие родственники слонов — мамонты.

Совсем недавно, в середине четвертичного периода, в низовьях Волги обитали длиннорогие бизоны, гигантские и благородные олени, верблюды, носороги, лошади, трогонтериевый слон и другие животные. На Кавказе носороги и пещерные хищники, обнаруженные в раскопках на Апшеронском п-ве, обитали в верхнечетвертичное время, т. е. всего несколько тысячелетий назад.

ПОЧЕМУ ОДНИ ЖИВОТНЫЕ И РАСТЕНИЯ ВЫМЕРЛИ, А ДРУГИЕ ПОЯВИЛИСЬ

Оглядываясь на историю животного и растительного мира, мы видим его непрерывное изменение, постепенное развитие (эволюцию) от более простого к более сложному. Причиной изменений животных и растений было и есть постоянное изменение окружающей среды, т. е. тех физико-географических условий (рельефа, водного режима, климата, растительного покрова и животного мира), в которых существует животное или растение и к которым оно должно быть хорошо приспособлено. Приспосабливаясь к постоянно изменяющейся внешней среде, животные и растения постепенно изменялись, образуя новые виды.

Если же животные или растения не успевали приспособиться к изменившейся, новой среде, они неизбежно вымирали. Вымирание одних и появление новых животных и растений мы видели на многих примерах. Это и есть история животного и растительного мира. Причиной изменения физико-географических условий служили и служат геологические процессы, происходившие и происходящие в земной коре под действием внутренних сил (распад радиоактивных элементов и др.), которые заставляют ее прогибаться и подниматься и тем самым изменять очертания материков и морей, оживлять или ослаблять деятельность рек и т. д.

Связь животных со средой и изменение животных под влиянием окружающей среды были доказаны великим английским естествоиспытателем Чарлзом Дарвином и блестяще подтверждены на ряде примеров с ископаемыми копытными (лошади, парнокопытные) последователем великого Дарвина талантливым русским палеонтологом прошлого столетия Владимиром Онуфриевичем Ковалевским (см. том 4 ДЭ), учение которого продолжают развивать советские палеонтологи.

КАК ИЗУЧАЮТ ИСКОПАЕМЫХ ЖИВОТНЫХ

Чтобы правильно понять историю жизни на Земле, нужно знать причины, изменившие животное, нужно разобраться в том, почему оно стало таким, в каком направлении действовали эти причины.

Но как же это все узнать? На этот вопрос дает ответ само животное: его строение всегда приспособлено к окружающей среде. Стало быть, нужно начинать с изучения строения животного, с изучения его костей. Однако сами по себе кости еще ничего не скажут, нужно их сравнить с чем-то нам известным, чтобы понять, почему именно они имели такую форму. Сравнить их можно с костями современных животных. Пусть теперь нет таких животных, какие были раньше, но зоны их обитания (моря, реки, воздух, горы, леса, степи и т. д.), хотя и переместились с древних времен, остались в основных чертах сходными с современными. Зоны эти населены животными, которые приспособлены к окружающим физико-географическим условиям и в зависимости от них имеют определенное строение (у птиц — крылья, у рыб — плавники и определенная форма тела и т. д.). Следовательно, условия существования определяют строение животного. Поэтому, зная по современным животным, как их строение связано с окружающей средой, мы можем и ископаемых животных, имеющих подобное строение, считать жившими в сходных условиях. Ведь никто не видел, как летал крылатый ящер или плавал ихтиозавр, но все в этом уверены. Почему? Да потому, что современные животные, похожие по строению передних конечностей на крылатого ящера (например, летучие мыши), являются летающими формами, так же как и ихтиозавр подобен дельфину, который, как известно, может жить только в воде.

Итак, восстанавливая облик животного, мы

сможем узнать и о тех условиях, в которых животное существовало.

Прослеживая историю какой-нибудь группы животных (слонов, лошадей, динозавров и т. д.), мы можем восстановить и историю физико-географических условий того времени.

Более того, направление, в котором изменялись эти условия, объяснит нам причины и покажет пути развития этой группы животных, так как история изменения животного мира неразрывно связана с историей изменения его окружающей среды.

Таков довольно сложный, но единственно верный путь палеонтолога. Только идя этим путем, он достигнет того, что его суждения будут иметь под собой строго научную основу. Восстановить среду ископаемых беспозвоночных легче, так как ее безошибочно можно определить по характеру отложений, в которых встречено животное. Ведь его местообитание, как правило, совпадает и с местом захоронения, тогда как у позвоночных животных (кроме водных) местообитание, как правило, не совпадает с местом захоронения.

КАК СОХРАНЯЮТСЯ ОСТАТКИ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ

Труп наземного позвоночного попадает в захоронение обычно в условиях водной среды. На земной поверхности труп очень быстро подвергается уничтожению: сначала падалеядные животные пожирают мягкие части, а затем под действием выветривания (изменения температур, химических реакций, механического разрушения и т. д.) уничтожаются и кости. В водных бассейнах, где все время происходит накопление осадков, создаются благоприятные условия для захоронения. Чем быстрее труп покроется осадками, тем лучше он сохранится. Самые крупные местонахождения наземных позвоночных образуются либо в дельтовых частях рек, где отлагается наибольшее количество тонкозернистых осадков (песчано-глинистых), либо в предгорных впадинах, куда реки и особенно временные потоки сносят громадное количество грубого обломочного материала (брекчия, галька, гравий).

Размер «кладбища» ископаемых зависит от количества трупов животных: их может быть довольно много (сотни, а иногда и тысячи) в результате стихийного бедствия — наводнения, пожара от молнии, землетрясения, какого-либо заразного заболевания и т. д. Наводнения особенно способствуют массовому захоронению, так как много животных сразу попадает в воду. И теперь во время наводнений бывает, что гибнет много диких животных. Разумеется, такие же наводнения происходили и миллионы лет назад. Текучие воды (реки, потоки) способствуют концентрации остатков животных, а в спокойных водах — озерах, болотах — животные захороняются обычно в виде отдельных скелетов или частей скелета, иногда даже одной кости. Вот почему в дельтах рек и в предгорных впадинах образуются наиболее крупные местонахождения остатков животных.

Труп или часть трупа, занесенная осадками, подвергается химическим превращениям. Мягкие ткани, если они остались, сгнивают, а твердые — кости — «окаменевают», или минерализуются, т. е. органическое вещество замещается в них минеральным, поступающим из окружающего осадка. Со временем дно водного бассейна, где захоронены кости животных, станет сушей, которая подвергнется разрушению — в первую очередь текучими водами в виде рек и потоков. При этом разрушении будет вскрыт и костеносный пласт; из него начнут вымываться кости. Это и будет служить сигналом для начала палеонтологических поисков и раскопок.

ПОИСКИ И РАСКОПКИ ОСТАТКОВ ДРЕВНИХ ЖИВОТНЫХ

Поиски остатков позвоночных гораздо труднее, чем беспозвоночных, так как позвоночных в захоронение попадает значительно меньше, а сборы этих остатков требуют специальных раскопок, особенно если остатки принадлежат крупным животным, и часто бывают хрупки. Знание закономерностей захоронения значительно облегчает поиски. Когда обнаружены первые кости, необходимо установить *костеносный горизонт*, т. е. слой, из которого они выпали,— он будет на уровне костей либо выше (кости могли скатиться вниз по склону). В костеносном горизонте кости имеют коренное залегание, т. е. находятся в породе в том самом положении, которое занимали при захоронении. Если, например, в коренном залегании был целый скелет, то при начавшемся размывании костеносного горизонта отдельные кости этого скелета будут скатываться вниз по склону, попадать в осыпь. Невымытая часть скелета будет торчать в склоне, уходя вглубь. В костеносном горизонте начинают раскопку,

снимая сверху всю породу до уровня залегания костей. На месте раскопок получается горизонтальная площадка. В целях ускорения работы и лучшей сохранности костей их берут вместе с породой — монолитами. Для этого участок породы с костями оконтуривают со всех сторон в виде бруска, по форме которого сколачивают ящик, сначала без дна и крышки. После того как такую раму наденут на монолит, щели между стенками рамы и породой заливают жидким гипсом, который, затвердев, не дает двигаться монолиту внутри ящика. Затем прибивают крышку. После этого монолит подрубают снизу и поворачивают на крышку, вновь заливают все пустоты гипсом и приколачивают дно. В таком виде кости можно транспортировать на большие расстояния: с ними ничего не случится.

ЗАЧЕМ НУЖНО ИЗУЧАТЬ ОСТАТКИ ВЫМЕРШИХ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ

Изучение остатков животных и растений имеет огромное практическое значение в геологии. По этим остаткам можно судить, какие слои древнее, какие моложе, т. е. можно восстановить всю последовательность отложения слоев земной коры, поскольку каждое животное существовало в определенную эпоху, которой соответствуют по времени слои, заключающие остатки этого животного. Именно таким образом и была составлена сводная геохронологическая таблица (см. стр. 163) — на основании сопоставления ископаемых фаун и флор.

Теперь мы только уточняем эту шкалу, вписываем в нее дополнительные данные. Например, если мы встретили остатки динозавра, то мы уже сразу говорим, что слои с этими остатками могут быть только мезозойского возраста. Сравнив найденные остатки динозавров с уже изученными, мы уточним возраст слоев с точностью до геологического периода. Если этот динозавр не был еще известен в науке, то по соотношению с ближайшими ему родственными формами, уже описанными, мы достаточно точно определим и его местоположение в геохронологической шкале. Стало быть, история жизни на Земле помогает восстановить геологическую историю самой Земли. Иными словами, остатки ископаемых животных и растений служат для определения геологического возраста слоев земной коры. Для морских отложений первостепенное значение имеют остатки беспозвоночных животных, а для континентальных отложений — остатки позвоночных животных и растений.

Установить геологический возраст необходимо не только для выяснения истории Земли,— это необходимо при любых геологических исследованиях, и в первую очередь для поисков полезных ископаемых, распространенных в земной коре не как попало, а приуроченных к слоям Земли определенного геологического возраста.

Итак, мы познакомились с развитием жизни на нашей планете. Мы знаем теперь, что изучение этого вопроса не просто интересно само по себе, но имеет большое научное и практическое значение. Без данных палеонтологии невозможно было бы доказать единство органического мира в природе, показать его происхождение и развитие, установив тем самым, что жизнь на Земле не сотворена сверхъестественной силой. Жизнь развивалась в течение длительного времени из очень простых форм, возникших из неживой природы в силу определенных благоприятных условий, создавшихся на Земле, в силу присущего всякой материи, как живой, так и неживой, свойства постоянного изменения, постоянного развития.

ГДЕ И КОГДА ПОЯВИЛИСЬ ЛЮДИ НА ЗЕМЛЕ

ВЕЛИКОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ ЗЕМЛИ

Около двух миллиардов лет отделяют нас от времени, когда впервые появилась на Земле жизнь. Если написать книгу об истории жизни на Земле и на каждые сто лет отвести одну страницу, то, чтобы только перелистать такую книгу, потребовалась бы целая человеческая жизнь. Эта книга содержала бы около 20 млн. страниц и была бы толщиной около двух километров!

Наши сведения по истории Земли добыты трудами многих ученых различных специальностей всего мира. В результате многолетних

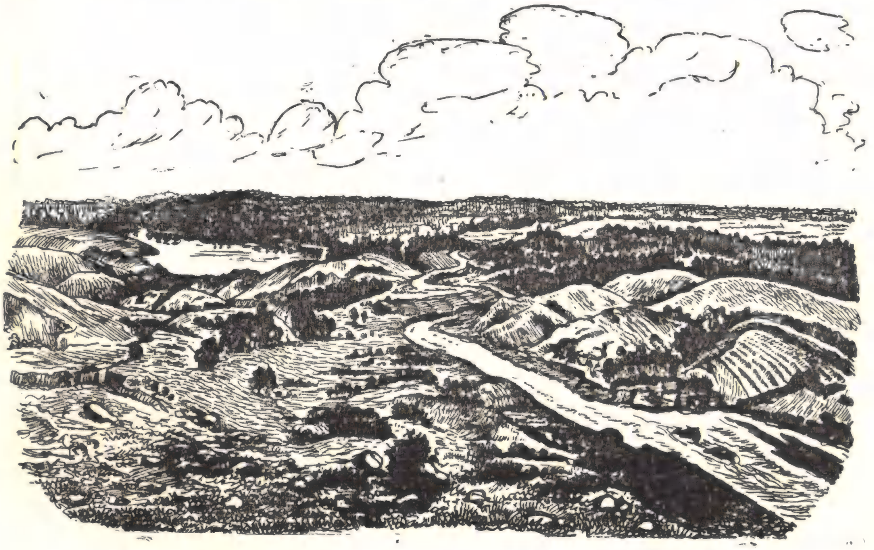
Реставрация ледникового ландшафта в области Валдайской возвышенности.

исследований остатков растений и животных был сделан очень важный вывод: жизнь, однажды возникнув на Земле, в течение многих десятков миллионов лет непрерывно развивалась. Это развитие шло от простейших организмов к сложным, от низших к высшим.

Из очень просто устроенных организмов под влиянием непрерывно изменяющейся внешней физико-географической среды возникали все более и более сложные существа. Длительный и сложный процесс развития жизни привел к возникновению знакомых нам видов растений и животных, в том числе человека.

С появлением человека начался самый молодой период в истории Земли, продолжающийся и в настоящее время. Он называется **четвертичным** периодом или **антропогеном**[1].

По сравнению не только с возрастом нашей планеты, но даже и со временем начала развития жизни на ней четвертичный период совсем ничтожный отрезок времени — всего 1 млн. лет[2]. Однако в этот относительно короткий промежуток времени совершились такие величественные явления, как образование Балтийского моря, отделение островов Великобритании от Европы и отделение Северной Америки от Азии. В этот же период неоднократно нарушалась и возобновлялась связь между Аральским, Каспийским, Черным и Средиземным морями через Узбой, Маныч и Дарданелльский пролив. Происходили значительные опускания и поднятия громадных участков суши и связанные с ними наступания и отступания морей, то заливавших, то освобождавших громадные территории суши. Особенно велик был размах этих явлений на севере и востоке Азии, где еще в середине четвертичного периода многие полярные острова составляли одно целое с материком, а моря Охотское, Лаптевых и другие были внутренними бассейнами, подобными современному Каспию. В четвертичном периоде окончательно создались высокогорные хребты Кавказа, Алтая, Альп и другие.



Та же часть Валдайской возвышенности—современный вид.

[1] От греческих слов «антропос» — человек и «генос» — рождение, происхождение.

[2] Многие геологи теперь склоняются к тому, что продолжительность этого периода следует увеличить в три раза.

Словом, в течение этого времени материки, горы и равнины, моря, реки и озера приняли знакомые нам очертания.

В начале четвертичного периода животный мир еще сильно отличался от современного.

Так, например, на территории СССР широко были распространены слоны, носороги, а в Западной Европе было еще настолько тепло, что там нередко встречались гиппопотамы. Как в Европе, так и в Азии жили страусы, сохранившиеся теперь только в теплых странах — в Африке, Южной Америке и Австралии. На территории Восточной Европы и Азии существовал тогда диковинный зверь, ныне вымерший,— эласмотерий, значительно превосходивший по величине современного носорога. Эласмотерий имел большой рог, но не на носу, как у носорога, а на лбу. Шея его, толщиной более метра, обладала могучими мышцами, которые управляли движениями огромной головы. Излюбленными местами обитания этого животного были заливные луга, старицы и пойменные озера, где эласмотерий находил для себя достаточно сочной растительной пищи.

Немало было на Земле в то время и других теперь уже исчезнувших животных. Так, в Африке еще встречались предки лошади — гиппарионы, с тремя пальцами, снабженными копытами. На гиппарионов там даже охотился первобытный человек. Существовали в то время саблезубые кошки с короткими хвостами и огромными кинжалообразными клыками; жили мастодонты—предки слонов и многие другие животные.

Климат на Земле был более теплым по сравнению с современным. Это сказывалось как на фауне, так и на растительности. Даже в Восточной Европе широко были распространены граб, бук, лещина.

Большим разнообразием, особенно в Южной Азии и Африке, отличались тогда человекообразные обезьяны. Так, например, в Южном Китае и на о-ве Яве жили очень крупные мега́нтропы и гига́нтопитеки, весившие около 500 *кГ*. Наряду с ними там же были найдены и остатки тех обезьян, которые были предками человека.

Проходили тысячелетия. Климат становился все более и более прохладным. И вот около 200 тыс. лет назад в горах Европы, Азии, Америки заблестели ледники, которые начали сползать на равнины. На месте современной Норвегии появилась ледяная шапка, постепенно расширявшаяся в стороны. Наступающие льды покрывали все новые и новые территории, оттесняя обитавших там животных и растения к югу. Ледяная пустыня возникла на громадных пространствах Европы, Азии и Северной Америки. Местами толщина ледяного покрова достигала 2 *км*. Наступила эпоха великого оледенения Земли. Огромный ледник то несколько сокращался, то снова продвигался на юг. Довольно долго он задержался на той широте, где теперь расположены города Ярославль, Кострома, Калинин.

На западе этот ледник покрывал Британские острова, сливаясь с местными горными ледниками. В период своего наибольшего развития он спускался южнее широты Лондона, Берлина и Киева.

В своем продвижении к югу на территории Восточно-Европейской равнины ледник встретил препятствие в виде Средне-Русской возвышенности, которая разделила этот ледяной покров на два гигантских языка: Днепровский и Донской. Первый двинулся по долине Днепра и заполнил Украинскую впадину, но в своем движении был остановлен Азово-Подольскими высотами на широте Днепропетровска, второй — Донской — занял обширную территорию Тамбовско-Воронежской низменности, но не мог подняться на юго-восточные отроги Средне-Русской возвышенности и остановился примерно у 50° с. ш.

На северо-востоке этот огромный ледник покрыл Тиманский кряж и слился с другим огромным ледником, наступавшим с Новой Земли и Полярного Урала.

В Испании, Италии, Франции и в других местах ледники с гор сползали далеко в низины. В Альпах, например, спустившись с гор, ледники образовали сплошной покров. Значительному оледенению подверглась также и территория Азии. С восточных склонов Урала и Новой Земли, с Алтая и Саян начали сползать ледники в низины. Навстречу им медленно двигались ледники с правобережных высот Енисея и, может быть, с Таймыра. Сливаясь вместе, эти гигантские ледники покрыли всю северную и центральную части Западно-Сибирской равнины.

К востоку от Енисея, в Якутии, постепенно накапливались снега, не успевавшие стаивать за короткое лето. Они превращались в мощные неподвижные ледяные поля. Множество ледников появилось в горах Дальнего Востока и Южной Азии, на Японских о-вах, на Тайване. Почти вся северная часть Азии оказалась погребенной под снегом и льдом.

Мощный сибирский ледниковый покров

создал естественную плотину, закрывшую сток водам Оби, Иртыша, Енисея и, вероятно, Лены. Поэтому к югу от границы ледника, в пределах современной Западно-Сибирской равнины, возникло громадное озеро, или, вернее, целая сеть соединявшихся между собой озер. Избыток своих вод эти озера отдавали через Тургайский пролив Арало-Каспийской впадине. В пределах Вилюйской впадины образовалось громадное бессточное озеро.

Как далеко спускались в долины горные ледники Южной Сибири, сейчас еще сказать нельзя, но можно предположить, что талые воды их достигали места, где теперь г. Павлодар на Иртыше.

Подобно Евразии, значительное оледенение испытали и некоторые другие страны. Так, в Северной Америке ледниковый покров образовался из трех громадных ледников, развившихся в трех центрах — Лабрадорском, Киватинском и Кордильерском.

Южная граница этого гигантского ледника проходила значительно южнее Великих озер, но северо-западная оконечность материка, видимо, оставалась свободной ото льда. Очень многие ученые считают, что как в Евразии, так и в Америке было несколько (от четырех до шести) ледниковых эпох (оледенений), прерывавшихся более теплыми межледниковыми эпохами, когда льды сокращались по крайней мере до современных размеров. Первое из четвертичных оледенений, по мнению этих ученых, было до великого оледенения — в начале четвертичного периода. Однако везде холодолюбивая фауна распространялась далеко за пределы современного ее обитания только один раз — в четвертичном периоде. Это говорит в пользу одного оледенения, которое испытывало значительные колебания в сторону то ослабления, то усиления.

История таяния огромного ледникового покрова, особенно последней его стадии, изучена с большой тщательностью на территории Великих озер Северной Америки и во многом напоминает историю озерной части Северной Европы.

В Южном полушарии Земли также найдены следы древнего оледенения, хотя и несравненно меньшего масштаба, и только в горах. Снеговая линия в то время проходила здесь на несколько сот метров ниже современной, а местами ледники спускались почти к морю (в Новой Зеландии).

В Южной Америке оледенение обнаружено в Андах.

В Африке, даже в экваториальной части, ледники спускались со склонов вулканов Кения и Килиманджаро на 2700 *м* ниже, чем теперь. Ледники отмечены также в горах Атласа.

В Австралии следы ледников найдены в Австралийских Альпах, где ледники спускались до 1000 *м* над уровнем моря.

Климат в Южном полушарии, даже во время наибольшего развития оледенения, не был таким суровым, как в Евразии и Северной Америке, но отличался большей влажностью.

Великое оледенение Земли, конечно, отразилось на животном и растительном мире. В это время на равнинах Восточной Европы наряду с оленями, волками, лисицами и бурыми медведями появляются арктические, холодолюбивые виды животных: шерстистый носорог и мамонт, мускусный овцебык, северный олень, песец, белая куропатка, лемминги. Вымирают теплолюбивые виды: носорог Мерка, эласмотерий, пещерные гиены, пещерный медведь и другие животные, не пережившие эпохи великого оледенения.

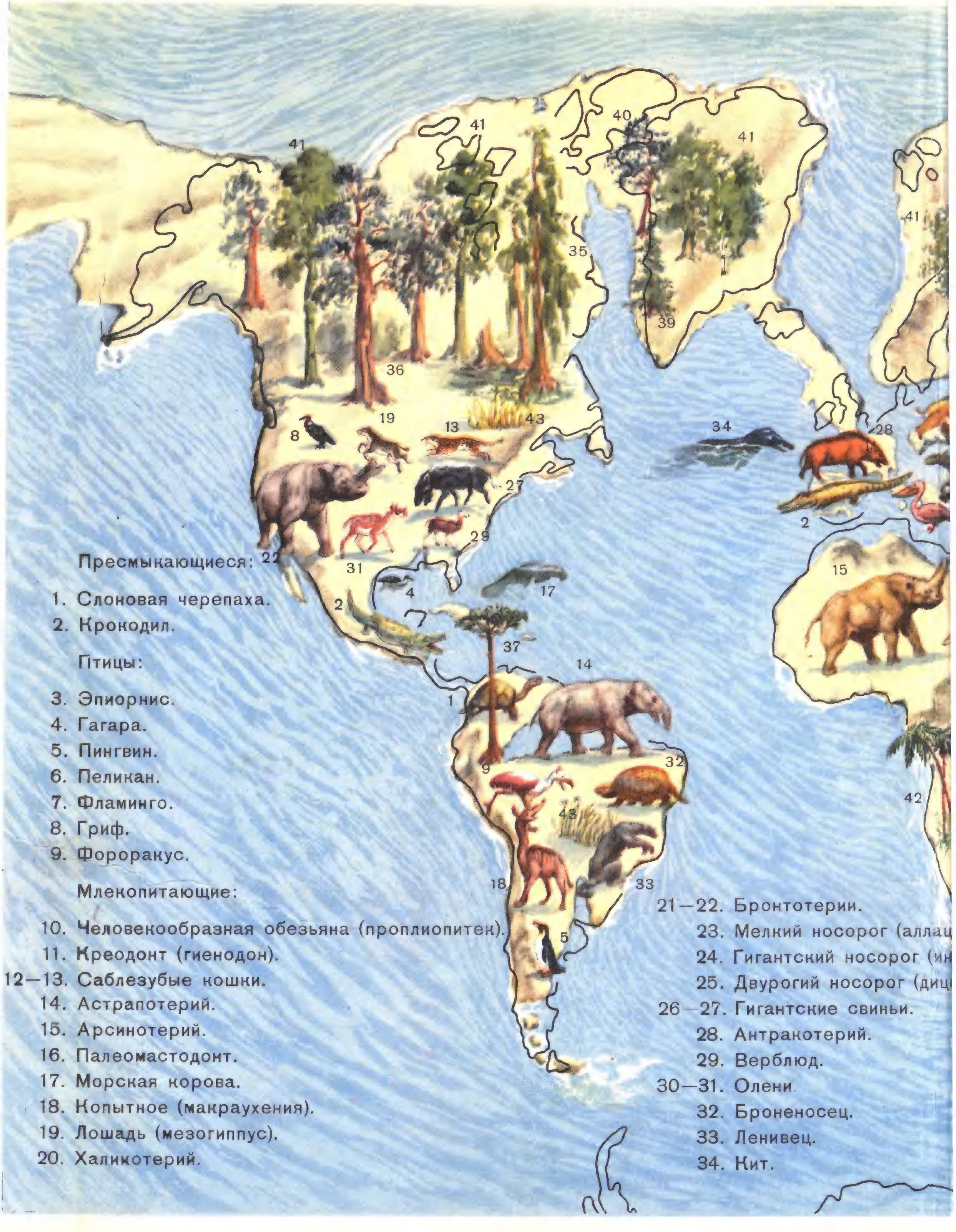
В горах Кавказа и Закавказья, в Альпах, Карпатах и Пиренеях альпийские виды животных спускаются к долинам, а северные проникают далеко на юг и на запад. В Крыму, например, постоянными обитателями становятся белая куропатка, песец, заяц-беляк, северный олень, полярные жаворонки и некоторые альпийские птицы.

Эта фауна была очень широко распространена, кости ее представителей — мускусного овцебыка, мамонта, северного оленя, шерстистого носорога — встречаются среди кухонных отбросов в стоянках человека п а л е о л и т а — древнекаменного века — по всей Западной Европе и Азии до Северного Китая включительно. Мамонт и его постоянный спутник — шерстистый носорог проникли на юг до Испании и Италии и на запад — до островов Великобритании включительно. Эти же животные населяли и все пространство Восточной и Западной Сибири вплоть до самых северных ее окраин и Северную Америку.

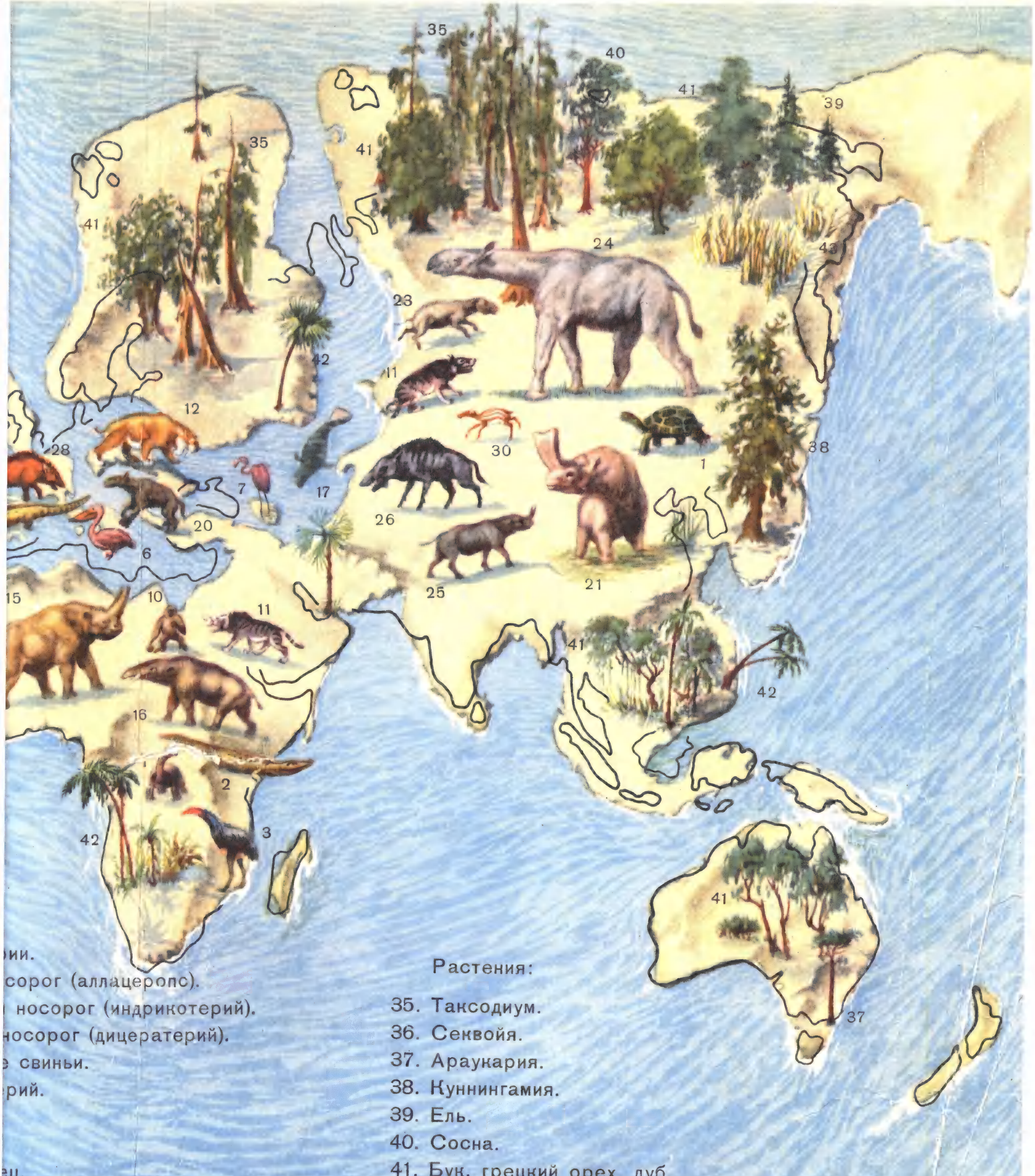
Только Австралия, Индонезия, Южная и Центральная Африка сохраняли свою прежнюю фауну, хотя и ставшую заметно беднее, так как многие виды животных вымерли. В составе фауны Северной Африки появились виды, пришедшие из Южной Европы и частью из Азии.

В конце эпохи великого оледенения на территории Европы и других частей света фауна имеет большое число представителей современных

ФАУНА И ФЛОРА СЕРЕДИНЫ КАЙНОЗОЯ



Пресмыкающиеся:
1. Слоновая черепаха.
2. Крокодил.
Птицы:
3. Эпиорнис.
4. Гагара.
5. Пингвин.
6. Пеликан.
7. Фламинго.
8. Гриф.
9. Фороракус.
Млекопитающие:
10. Человекообразная обезьяна (проплиопитек).
11. Креодонт (гиенодон).
12—13. Саблезубые кошки.
14. Астрапотерий.
15. Арсинотерий.
16. Палеомастодонт.
17. Морская корова.
18. Копытное (макраухения).
19. Лошадь (мезогиппус).
20. Халикотерий.
21—22. Бронтотерии.
23. Мелкий носорог (аллац
24. Гигантский носорог (ин
25. Двурогий носорог (диц
26—27. Гигантские свиньи.
28. Антракотерий.
29. Верблюд.
30—31. Олени.
32. Броненосец.
33. Ленивец.
34. Кит.



рии.
сорог (аллацеропс).
носорог (индрикотерий).
носорог (дицератерий).
е свиньи.
ерий.

ец.

Растения:

35. Таксодиум.
36. Секвойя.
37. Араукария.
38. Куннингамия.
39. Ель.
40. Сосна.
41. Бук, грецкий орех, дуб.
42. Пальма.
43. Камыши.

животных, хотя и с иными, чем теперь, местами обитания.

Некоторые представители холодолюбивой фауны в виде измельчавших потомков более крупных предков еще доживают свой век в лесах Кавказа (зубры), пустынях Монголии (куланы, дикие верблюды) и степях Северной Америки (бизоны, овцебыки).

Великое оледенение было одним из важнейших событий в истории Земли, которые произошли в четвертичном периоде. Его влияние на развитие жизни на Земле было очень велико. Теперь есть основание считать, что мы живем в самом конце великого оледенения Земли. Всего 10—11 тыс. лет тому назад исчезли льды с северного побережья Балтийского моря; около 4 тыс. лет назад они исчезли на Скандинавском п-ве. Современное оледенение Гренландии и Антарктиды — это также остатки исчезающих ледников великого оледенения Земли. Обширные материковые оледенения были свойственны не только четвертичному периоду, они происходили и в более древних периодах истории Земли.

КОГДА И ПОЧЕМУ ПОЯВИЛСЯ ЧЕЛОВЕК

Самой характерной особенностью четвертичного периода, отличающей его от всех других геологических периодов, следует считать появление человека. Это было событием величайшей важности: на Земле впервые появилось существо, отличное от всех других организмов, когда-либо населявших нашу планету. Это новое существо — человек, — выделившееся из животного мира, связано с ним рядом переходных форм.

Читатель уже знает, как изменившиеся условия жизни влияли на животных и растения. Одни виды животных вымирали, другие приспосабливались к новым условиям, либо образовывали новые виды и разновидности, или уходили в другие места. Изменение среды сказалось и на развитии человека, только человек вел себя иначе. Он не вымер в эпоху наибольшего оледенения Земли, когда огромные территории оказались погребенными под толстым слоем льда. Человек вступил в борьбу с силами природы. Он начал выделывать из камня разнообразные орудия труда и охоты, орудия для обработки шкур и шитья меховой одежды; он не только использовал для жилья природные пещеры и навесы, но и сооружал специальные жилища.

Когда же появились первые люди? Кто были предки людей? Почему на Земле появились люди и чем они отличаются от других существ, населяющих Землю?

Религии различных народов отвечают на эти вопросы очень просто. Около 7 тыс. лет назад иудейский бог Ягве (Иегова) создал из глины первого человека — Адама, а потом во время сна вынул у него ребро и сделал женщину — Еву. Египтяне считали, что бог Хнум вылепил первых людей из глины на гончарном круге. Греки верили, что бог грома и молнии Зевс (главный бог) также вылепил людей из глины, а богиня Афина одушевила их. Чтобы придать больше правдоподобия таким легендам, эти цифры «уточнялись». Так, папа Григорий XIII вычислил, что Адам был сотворен в 5199 г. до н. э., а один «ученый» утверждал, что это произошло в 4004 г. до н. э., 23 октября в 10 часов утра. Указывалось также, что Адам, например, был ростом 123 фута 9 дюймов [1], а Ева — 118 футов 9 дюймов [2]. В подтверждение этому показывали кости мамонта, которые считали за остатки святых людей и иногда сохраняли их даже в церквах, например в Вене в церкви св. Стефана.

Понятно, что о предках человека ни одна религия ничего не говорит, потому что, с религиозной точки зрения, их у человека не существовало: он сразу был сотворен таким, каким мы его знаем; разногласия могут быть только относительно роста человека.

На вопрос, почему на Земле появился человек — существо разумное и резко отличающееся от всех других земных существ, религия отвечает, что так пожелал бог: увидев, насколько хороша созданная им Земля, он решил создать разумное существо — человека.

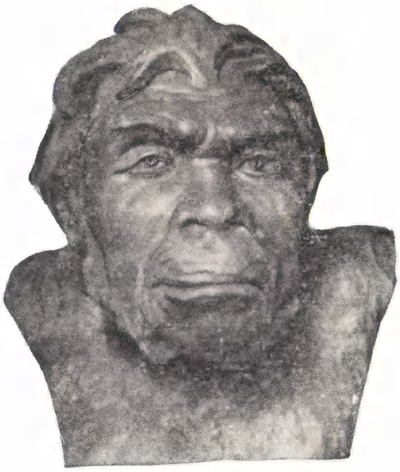
Наукой доказано, что человек не сотворен богом, а выделился из животного мира около миллиона лет назад в результате длительного, около 30 млн. лет, развития его обезьяноподобных предков. Ученые установили это на основании данных различных наук.

Палеонтология (наука о вымерших животных и растениях) и антропология (наука о строении и развитии человеческого тела) показали, каковы были предки человека. Геология и геохимия дали возможность определить время существования переходных форм между человеком и теми животными, от которых произошли люди, и, наконец, археология (наука,

[1] 37 *м* 13 *см*.
[2] 35 *м* 63 *см*.

изучающая вещественные памятники древней материальной культуры человека и развитие древнейших этапов человеческого общества) раскрыла перед нами историю возникновения и развития человеческого общества, его производственных отношений, идеологии и т. д.

Так, совместными усилиями ученых разных специальностей было доказано, что по строению скелета и мышц, по химическому составу крови и ряду других признаков у человека больше всего сходства с человекообразными обезьянами.


Синантроп.

Но и различия между человеком и обезьянами, не говоря уже о других животных, очень велики. Ни одно животное, в том числе и обезьяна, не изготовило ни одного орудия труда, даже самого простого, не заострило палку, чтобы сделать копье, не раскололо намеренно кремень, чтобы получить режущую пластинку — нож или скребок. Ни одно животное не умеет выражать при помощи членораздельной речи своих чувств. Есть и другие отличия человеческого организма от животного. Но самое главное, что отличает человека от животного, — сознательный труд, при помощи которого человек производит все необходимые ему средства существования, и членораздельная речь.

Однако, несмотря на множество общих признаков у человека с обезьянами, *ни одна из ныне живущих обезьян не была предком человека*. Как показывает изучение большого числа находок, человекообразные обезьяны, из которых одни дали человека, а другие — современных человекообразных обезьян, произошли от д р и о п и т е к о в — небольших обезьян, живших около 25 млн. лет назад. Затем среди потомков дриопитеков появились сравнительно крупные —около 150 *см* высотой— человекообразные обезьяны. Они обладали прямой походкой и по физическому развитию приближались к человеку. Наконец около 1 млн. лет назад из этой группы обезьян на Земле произошли первые обезьянолюди: сначала п и т е к а н т р о п ы[1], а затем с и н а н т р о п ы.

Первые находки костей питекантропа были сделаны еще в 1891 г. на о-ве Яве, в слоях, возраст которых геологи определяют примерно в 1 млн. лет.

[1] По-гречески «питекос» — обезьяна, «антропос» — человек.

Существование промежуточных форм между обезьяной и человеком предполагал еще Дарвин. И это научное предвидение блестяще подтвердилось. Судя по размерам бедра, питекантропы были крупные существа, ростом около 170 *см*. Допускают, что питекантропы уже умели выделывать очень грубые орудия из камня, так как последние были найдены на Яве в слоях примерно того же времени, что и кости питекантропов. Но умели ли питекантропы пользоваться огнем, пока неизвестно.

В 1927 г. английский ученый Д. Блэк описал ископаемую форму предков человека, найденную в пещерах близ Пекина. В последующие годы китайский археолог Пэй и другие ученые нашли там кости многих обезьянолюдей разного возраста и пола, которые были названы синантропами, т. е. китайскими обезьянолюдьми. Вместе с остатками синантропов нашли толстые слои золы, каменные орудия, а также кости животных, на которых синантропы охотились. Синантропы были несколько меньше питекантропов: мужчины — около 163 *см*, а женщины — около 152 *см*. Синантропы по сравнению с питекантропами уже ушли вперед в своем развитии. Объем[1] их мозга в среднем был 1050 $см^3$, тогда как у питекантропов — 850 $см^3$.

Синантропы еще очень сильно отличались от современных людей, но в то же время у них было очень много общего с ними. Они пользовались огнем, и это было величайшим завоеванием в истории человечества. Находка синантропов и питекантропов была крупной победой материалистического учения о происхождении человека.

Со времени появления на Земле обезьянолюдей начинается древнейшая история человеческого общества.

Около 300 тыс. лет назад на Земле развились от обезьянолюдей новые существа, которые составили последнее звено между человеком современного типа и обезьяночеловеком. Эти новые существа были названы н е а н д е р т а л ь ц а м и (по имени Неандерской долины в Германии, где была сделана эта находка в 1856 г.) или п а л е а н т р о п а м и, что зна-

[1] Средний объем человеческого мозга около 1500 $см^3$.

чит «древние, первобытные люди». Первобытные люди были сравнительно высокого роста, около 160 *см*, и отличались значительной силой; их большая, удлиненной формы голова сидела на толстой короткой шее, которая с тыльной стороны составляла как бы одно целое с плоским затылком. Низкий скошенный назад лоб с нависающим над глазами надбровьем, под которым прятались небольшие глаза; подбородок, скошенный назад, как у обезьян, а не выступающий, как у нас; широкий нос — таков был портрет нашего близкого предка. Громадным преимуществом неандертальца, как и его предков, перед животными была прямая походка. Это освобождало руки для выделки различных орудий труда и охоты. Наряду с собиранием плодов и кореньев охота была главным источником существования наших предков.

Скелеты и части скелетов первобытных людей, а также остатки их материальной культуры были найдены в различных местах как на территории СССР, так и за рубежом во всех странах, кроме Америки, куда человек проник около трех десятков тысяч лет назад, и Австралии, где он появился значительно позднее.

На протяжении многих десятков тысяч лет люди совершенствовали свое искусство обработки камня и, вероятно, дерева. Постепенно изменялся и внешний облик человека. Все более и более первобытные люди становились похожи на современных.

К тому времени, когда великое оледенение Земли достигло наибольших размеров, первобытный человек сумел приспособиться к новым условиям жизни, научился добывать огонь[1], изготовлять меховую одежду, выделывать разнообразные костяные, деревянные и каменные орудия. Сам он уже стал совершенно похож на современного человека. Эту дату в истории Земли и считают временем появления н е а н т р о п о в (что значит «новые люди»), или разумных людей. Их часто называют охотниками за мамонтами и северными оленями, потому что среди охотничьих трофеев, находимых в остатках человеческих стойбищ, кости этих животных встречаются иногда в огромном количестве.

В последующие тысячелетия физический облик человека изменялся не столь значительно, но человечество пошло быстрыми шагами по пути культурного развития, познания и завоевания природы. На грани с современностью, 12—7 тыс. лет назад, человечество обогатилось новым замечательным изобретением: были сделаны лук и стрелы. Это сразу расширило возможности охоты, которая по-прежнему оставалась главным источником существования человека. Носороги уже давно вымерли, а измельчавшие мамонты доживали свой век на севере Сибири. Огромный ледниковый покров, доходивший в эпоху наибольшего развития почти до широты Днепропетровска, таял. Его южная граница находилась в это время около широты Ленинграда. В истории человечества наступила м е з о л и т и ч е с к а я, а затем новокаменная эпоха — н е о л и т. Власть человека над природой

Неандерталец.
(Рисунок Г. Е. Никольского.)

[1] До этого времени он умел только поддерживать огонь, случайно полученный им, например от молнии.

расширялась. Одно за другим следовали важнейшие открытия и изобретения. Почти одновременно с изобретением лука в мезолите человек приручил в одних местах шакала, в других — волка и получил домашнюю собаку. Затем в неолите было открыто замечательное свойство глины после обжига делаться твердой и не размягчаться от воды. Из глины начали приготовлять сосуды для варки пищи. В это время люди научились сверлить и шлифовать свои каменные орудия и тем самым совершенствовать их; появились деревянные лодки, выдолбленные из целого ствола дерева. Наряду с охотой начало быстро развиваться рыболовство. Около 6—5 тыс. лет до н. э. закончилась новокаменная эпоха и наступила эпоха металла. Люди научились добывать металл, выделывать из него предметы домашнего обихода и оружие для охоты (ножи, копья, стрелы были первыми изделиями из металла). Сначала они изготовлялись из чистой меди, потом из бронзы (сплав меди с оловом) и потом уже из железа. К охоте и рыболовству прибавились скотоводство и земледелие, зачатки которого, по-видимому, возникли еще в конце новокаменной эпохи.

Таким образом, от использования только готовых продуктов природы человек перешел к сознательному их производству. С этого времени развитие человечества пошло вперед гигантскими шагами, и от полудикого существования своих неолитических предков люди пришли к культурной жизни современного человечества.

Итак, вопрос о происхождении человека в настоящее время решен вполне определенно. Время появления на Земле человека также в общем не является спорным вопросом. Не вызывают сомнений и причины, благодаря которым обезьяна превратилась в человека: это сознательный, целеустремленный труд в изготовлении орудий труда и в связи с этим появление членораздельной речи. Именно эти особенности и отличают людей от человекообразных обезьян, с которыми у человека имеется много общих черт в строении организма.

ГДЕ ПОЯВИЛИСЬ ПЕРВЫЕ ЛЮДИ

Религии разных народов определяют прародину человека по-разному: древние египтяне считали, что человек появился на берегу Нила, древние греки — на горе Олимпе, иудеи и христиане — в Месопотамии, где сейчас протекают рр. Тигр и Евфрат: там якобы был райский сад, в котором и жили первые люди — Адам и Ева.

Наука на вопрос о том, где появился первый человек, отвечает так. В Америке человек не мог возникнуть, потому что предки его происходят от узконосых обезьян, в то время как Америка — родина широконосых обезьян. Самые древние следы пребывания человека в Америке относятся ко времени 25—30 тыс. лет назад, т. е. к концу палеолита.

Точно так же должна быть исключена как прародина человека и Австралия, которая с глубочайшей древности не имела никаких сухопутных связей с другими материками. Из животных там отсутствовали высшие млекопитающие, если не считать завезенных человеком и одичавших собак — динго.

Таким образом, прародиной человека могли быть только территории Старого Света. Но здесь, видимо, надо исключить всю северную часть Европы и Азии, где неизвестны находки человекообразных обезьян. Можно думать, что очеловечивание обезьяны происходило в Южной Азии и Африке; возможно, что при этом захватывался также юг Европы, Средней Азии и Закавказье (недавно в Грузии были найдены остатки человекообразной обезьяны). Интересно, что среди представителей животного мира этих территорий и поныне сохранились родственные черты.

Конечно, будущее принесет нам новые находки, освещающие далекое прошлое человека. Однако наши представления о том, как формировались отдельные материки и как развивался на них животный и растительный мир, настолько надежно обоснованы громадным фактическим материалом, что едва ли могут быть сделаны такие находки, которые коренным образом изменили бы уже сложившиеся представления.

Так отвечает наука на вопрос о происхождении и развитии человека.

Трудно указать другую область науки, к которой с такой враждебностью относились бы противники материализма, как к науке о происхождении человека.

Как работают геологи

О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЕТ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

На геологической карте СССР, (см. карту, стр. 176—177) можно проследить очертания суши и морей. Однако геологическая карта резко отличается от физической: суша на ней окрашена в яркие цвета. В красный и розовый цвета окрашены Карельская АССР и Кольский п-ов; синий, серый, фиолетовый и коричневый цвета выделяются на Русской равнине. В Азиатской части Союза яркая расцветка покрывает пространства Средней Азии, Прибайкалья и Дальнего Востока.

О чем рассказывают нам эти цвета? Чтобы понять это, посмотрите внимательно на условные обозначения на карте. Оказывается, что каждый цвет обозначает горные породы определенного возраста: розовым цветом закрашиваются породы протерозойского возраста, серым — каменноугольного, синим — юрского, зеленым—мелового, желтым—третичного и т. д. Особым цветом наносят на геологическую карту выходы магматических пород — интрузии (глубинные породы) и эффузивы (вулканические породы). Цвета эти выбраны условно, но приняты геологами всех стран.

Следует иметь в виду, что на геологических картах покров четвертичных отложений как бы мысленно снимается всюду, где известно, какие более древние породы его подстилают. Он сохраняется на картах лишь там, где еще не обнаружены и не изучены эти нижележащие,

или, как говорят геологи, подстилающие, породы.

Для изучения четвертичных отложений, покрывающих всю поверхность Земли, составляются специальные карты. На них условными знаками показаны новейшие отложения разного происхождения: отложения ледников, осадки озер, рек, барханные пески и т. п. Указывается также, какие из этих осадков образовались в современную и какие — в ледниковую эпоху.

Рассматривая геологическую карту СССР, мы видим, что на территории нашей родины распространены породы от древнейших археозойских до самых молодых — четвертичных (см. стр. 176—177). На Урале, Тянь-Шане, Алтае и в других горных районах встречаются магматические породы.

Посмотрим, как же создавалась геологическая карта Советского Союза.

До Великой Октябрьской социалистической революции обширные пространства Сибири были мало изучены. На карте в этих местах преобладали «белые пятна». Слабо были исследованы Западно-Сибирская низменность, Северный Урал, Дальний Восток. После революции, когда развернулось гигантское строительство, появилась огромная потребность в минеральном сырье — железе, нефти, цветных и других металлах. Чтобы искать эти полезные ископаемые, нужно было сначала изучить геологическую историю нашей территории, а затем на этой основе составить геологическую карту, отметив на ней места распространения горных пород различного возраста.

Во все, даже самые отдаленные, уголки нашей родины были посланы экспедиции. В суровых условиях полярных мест и в раскаленных песках пустынь советские геологи вели исследования.

В 1937 г. на XVII Международном геологическом конгрессе в Москве советские геологи впервые показали геологическую карту СССР, где «белые пятна» занимали значительно меньшие площади, чем на старой карте. Сибирь, на которой могут поместиться все крупные западноевропейские государства, была исследована геологами почти на всем ее протяжении. Значительно пополнились знания о геологии Дальнего Востока, Прибайкалья и других территорий.

Теперь созданы геологические карты разного масштаба для всего Советского Союза и отдельных его районов. Такие карты — могучее орудие в руках геолога.

На геологической карте можно прочитать, где и какого возраста земные пласты выходят на поверхность. Это очень важно знать, так как с породами разного возраста связаны определенные полезные ископаемые. На карте видно, где залегают магматические породы, с которыми связаны важнейшие рудные месторождения.

Кроме того, карта показывает, где горные породы залегают спокойно (горизонтально), а где они смяты в складки.

Таким образом, геологическая карта отражает строение земной коры, показывает слагающие ее горные породы, их относительный (геологический) возраст.

Рассмотрим геологическую карту, начав с горных стран. Для примера возьмем Урал и Кавказ. На карту в тех местах, где мы привыкли видеть горные хребты, нанесены цветные полосы — это отложения разного возраста. В центральной (осевой) части горных стран выступают самые древние породы. На Урале это породы протерозойские, на Кавказе—археозойские. Чем дальше от осевой части горной системы, тем моложе возраст слагающих ее пород.

На Кавказе хорошо видно, как красные «ленты» археозойских отложений окаймляются с севера и с юга синими — юрскими породами, далее зелеными—меловыми — и н конец по окраине Кавказа располагаются желтые — третичные осадки. Породы эти главным образом морского происхождения и свидетельствуют о том, что когда-то на месте Кавказских гор существовали древние моря. Магматические породы, распространенные главным образом на юге Кавказа, говорят о происходившей там вулканической деятельности в прошлые геологические эпохи. На Урале и в других горных странах также встречаются морские осадки и магматические породы.

Выход пород разного возраста в виде полос, вытянутых по простиранию хребта, объясняется складчатым залеганием пластов. После своего возникновения складки начали медленно подниматься на поверхность Земли, и тогда образовались горные цепи. Как только появились горы, они начали разрушаться под влиянием воды, атмосферы и деятельности различных организмов.

Горные складки состоят из двух основных частей: антиклинали — выпуклой и синклинали — вогнутой части. В природе обычно наблюдаются разрушенные складки, в которых вскрыты древние, глубоко лежащие породы. Как выглядят разрушенные антикли-

нали и синклинали, показано на стр. 173, внизу.

На геологической карте СССР видно, что в Главном Кавказском хребте горные породы распределяются так, как это свойственно разрушенной антиклинали. В центре выходят самые древние пласты и по сторонам от них — все более молодые. Главный Кавказский хребет представляет собой как бы гигантскую антиклиналь. Конечно, в пределах этой антиклинали имеются и значительно более мелкие складки, слагающие многочисленные горные хребты.

Подобно Кавказу устроены другие горные страны, например Урал, Тянь-Шань. Однако не всегда антиклинальное строение горных цепей можно четко установить на геологической карте. Это зависит от сложных геологических событий в истории горных стран.

Горные хребты разрушаются под влиянием внешних сил, и это имеет большое практическое значение. Ведь, разрушаясь, горы вскрывают свои недра, где таятся огромные минеральные богатства. Они принесены магмой, внедрившейся в складки гор во время их формирования и застывшей в виде батолитов и жил (см. стр. 95—96).

Почему же одни горные страны, как Урал, Алтай, Тянь-Шань, славятся своими полезными ископаемыми, а Кавказ не имеет таких рудных богатств? Это зависит главным образом от возраста горных хребтов.

Кавказские горы — молодые. Они образовались в третичное время. Им несколько больше миллиона лет. Горы не успели еще разрушиться так, чтобы обнажились их глубокие недра с застывшими магматическими породами. Разрушение горных стран происходит в течение многих десятков и сотен миллионов лет, поэтому основные минеральные богатства Кавказа еще не вскрыты.

Древние горные страны, образовавшиеся в палеозое, как Урал, Алтай и Тянь-Шань, настолько уже разрушены, что магматические массивы их недр и жилы с различными рудами вполне доступны для человека и залегают либо на поверхности, либо на небольшой глубине.

Низменные, равнинные участки суши на геологической карте выглядят несколько иначе, чем горные страны. На Русской равнине видна пятнистая окраска, нет симметричного расположения осадков, как на Кавказе. Объясняется это тем, что на Русской равнине породы лежат горизонтально или почти горизонтально и выступают на поверхность на обширных участках. Осадки эти главным образом морского происхождения, хотя среди них встречаются и континентальные.

По геологической карте можно прочитать, что Русскую равнину не раз покрывало море. Морские осадки кембрия и силура выходят на поверхность в Прибалтике и в окрестностях Ленинграда. На дне силурийского моря, бывшего на территории СССР, образовывались горючие сланцы. Они используются как топливо для электростанций, а кроме того, из них добывают горючий газ, который по газопроводу доставляют в Ленинград.

На Русской равнине известны девонские отложения; они выступают на поверхность также в Эстонии и Белоруссии, а на севере подходят к Белому морю, где представлены континентальными породами. В Подмосковье девонские отложения вскрыты глубокими буровыми скважинами. Из одной такой скважины добывают московскую минеральную воду, извлекая ее из соленосных осадков девона.

Но особенно широкое распространение и большое практическое значение имеют каменноугольные и пермские отложения на Русской равнине и в прилегающих к ней районах. С ними связаны угленосные осадки Подмосковья и Донбасса, накопившиеся в каменноугольном периоде. В лагунах пермского моря отлагались мощные залежи калийных и магнезиальных солей в районах Соликамска и Березняков.

Мезозойские осадки так же широко распространены на Русской равнине, они представлены морскими и континентальными породами. Среди них наибольший практический интерес имеют фосфоритные отложения юрского и мелового возраста; на Украине и в Поволжье отложения мелового периода представлены пишущим мелом.

Третичные осадки морского происхождения находятся на юге Европейской части Союза. Они известны на Украине, в Поволжье. Среди них встречаются отложения опо́к — кремнистых пород, употребляющихся в строительной промышленности.

На Западно-Сибирской низменности выходят на поверхность горизонтально залегающие породы третичного возраста, которые свидетельствуют о существовавшем там обширном море. Оно отложило осадки главным образом в первой половине третичного периода.

Более разнообразные отложения распространены в той части Сибири, которая лежит между рр. Енисеем и Леной. Осадки залегают там почти горизонтально и лишь в отдельных местах смяты в складки. На западе большую площадь занимают пермские осадки; среди них

попадаются мощные залежи каменных углей. Кроме того, здесь распространены отложения силурийских и кембрийских морей, представленные известняками. Нередко среди кембрийских осадков встречаются залежи соли и гипса. В некоторых местах они разрабатываются для нужд населения. Гипс и соль осаждались в пересыхающих заливах, где сильно повышалась концентрация их вследствие испарения воды.

В 1956 г. была составлена впервые геологическая карта СССР без «белых пятен». Геологи нашей страны своими неутомимыми исследованиями постоянно пополняют ее новыми данными о геологическом строении различных местностей, а также о месторождениях полезных ископаемых.

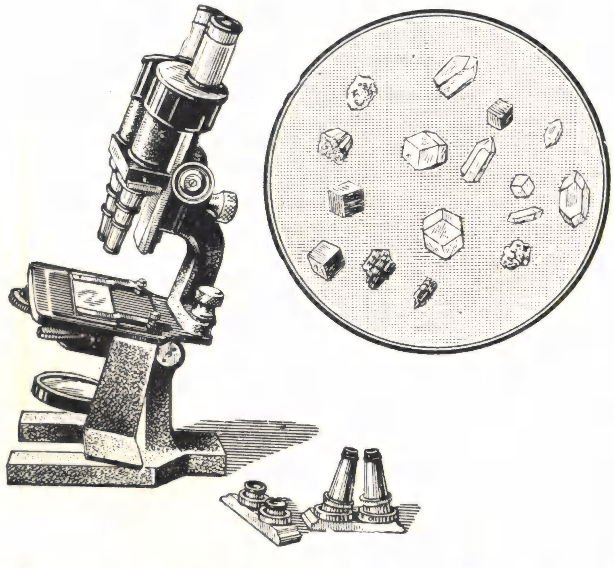
Геологическая карта становится с каждым годом все подробнее и точнее.

ПО СЛЕДАМ «ВОЛШЕБНОЙ» ПЫЛИ

Каждый любитель минералов прекрасно знает, как трудно найти хорошие образцы кристаллов.

Действительно, ведь природа — это не благоустроенная, хорошо оборудованная лаборатория, где кристаллизующемуся веществу можно создать такие условия, чтобы добиться идеального по форме кристалла.

И все же такие кристаллы встречаются в природе. Рассмотреть их можно в небольшой микроскоп, похожий на обычный школьный, но с двумя трубами, как бинокль, почему он и называется б и н о к у л я р о м. Возьмите щепотку шлиха́ — крошечных зерен минералов, отмытых из рыхлых пород, например из речного песка, и рассмотрите ее в бинокуляр. Вам может посчастливиться увидеть богатейшую коллекцию минералов. Какие великолепные кристаллы, как сверкают их грани, сколько в них разнообразия! Рука невольно тянется взять один из них, чтобы получше рассмотреть.



Бинокуляр: слева — внешний вид: справа — шлихи в бинокулярном микроскопе.

Маленькие зернышки часто оказываются прекрасными кристалликами. Это объясняется тем, что многие из них при кристаллизации магмы выделялись первыми и другие кристаллы не мешали их росту.

Добыть эти замечательные кристаллы нетрудно.

Зачерпните две-три пригоршни речного песка, взятого на отмели, положите их в большой ковш или в деревянную чашку, а еще лучше в деревянный лоток, подобный изображенному на рисунке, и начните, как говорят, промывать песок. Для этого опустите ковш (или лоток) чуть ниже уровня воды или поставьте его на дно у самого берега. Левой рукой покачивайте его, сообщая ему круговое движение, а правой — разминайте комки и выбирайте гальку. Покачивать необходимо, чтобы все время сплескивался находящийся в круговом движении песок с мутью.

Сначала будет сходить мутная вода, мелкие песчинки, а также галька и камешки, которые извлекаются и просматриваются. Цель промывки заключается в том, чтобы удалить минералы меньшего удельного веса и оставить более тяжелые. Последние порции песка отмывают осторожно. Между светлыми песчинками становятся заметны более темные зернышки — ш л и х. Аккуратно дайте стечь всей воде и, круто наклонив ковш, смойте шлих несколькими каплями воды на согнутый блюдечком листик бумаги. Еще осторожнее слейте остаток воды и,

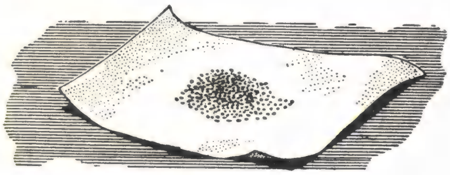
КАРТА
ВЕЛИКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ
ЗЕМЛИ

С Е В Е Р Н Ы Й Л Е Д О В И
ГРЕНЛАНДИЯ
Сев. полярный круг
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА
ЕВРОПА
АФРИКА
ЮЖНАЯ АМЕРИКА
ТИХИЙ ОКЕАН
АТЛАНТИЧЕСКИЙ ОКЕАН
Северный тропик
Экватор
Южный тропик
30
60
0
150
120
90
60
30
0
30
60
Материки (пунктиром даны предполагаемые очертания материков)
Море
Границы древнего материкового оледенения (на севере совпадающие с границами материков)
Фирновый лед (нетающий зернистый снег)
Пак (движущийся лед)
Горные оледенения
Предполагаемая граница ледника
Современные очертания суши
1000 0 1000 2000 км

ДОВИТЫЙ ОКЕАН
ИНДИЙСКИЙ ОКЕАН
ТИХИЙ ОКЕАН
АВСТРАЛИЯ
30
60
90
120
150
180
0
30

распрямив бумагу, дайте ей обсохнуть на солнце и ветру, закрепив ее камушками. Надо следить, чтобы ветер не сдул вашу добычу. Сухой шлих ссыпьте в бумажный пакетик. В шлихе остаются зернышки минералов — золото, платина, касситерит (руда на олово), циркон (дающий исключительной стойкости огнеупорный материал), шеелит и вольфрамит (минералы, из которых добывают вольфрам для нитей электроламп) и др.

Промывки шлиха в воде (слева), лоток в разрезе (вверху) и ковш для промывки (внизу).



Шлих на листе бумаги.

Некоторые из этих минералов могут скопиться в отмелях, косах, низовьях рек в таком количестве, что образуют месторождение, которое можно разрабатывать. Это вторичные, или россыпные, месторождения — россыпи, как обычно говорят.

Постепенно продвигаясь вверх, против течения реки, можно всегда обнаружить первичные, как говорят, коренные, месторождения этих минералов, где они находятся в горных породах, в которых образовались.

На практике так и делают: каждая геологическая и поисковая партия попутно ведет и шлиховую съемку. Это значит, что через каждые 50—100—500 *м* (в зависимости от масштаба карты, которую составляют) берут шлих. Промывают всегда одинаковое количество породы — 16 или 32 *кГ*. Каждый отмытый и просушенный шлих ссыпают в отдельный пакетик (или в мешочек из плотной материи), на котором пишут номер шлиха, место взятия (адрес), количество промытой породы, дату взятия, подпись лица, взявшего шлих. На схематической карте отмечают места взятия шлихов.

Вернувшись с полевых работ, шлихи изучают: точно определяют, из каких минералов состоит шлих, много ли этих минералов. Эти сведения отмечают на карте.

Такая шлиховая карта показывает, где сосредоточены скопления того или иного минерала, из каких речных долин или с каких склонов идут наиболее богатые «потоки» его, где можно предполагать коренные месторождения отдельных минералов и где расположены богатые россыпи.

Мы знаем много примеров, когда благодаря изучению шлихов были открыты коренные месторождения золота, вольфрама, молибдена и многих других полезных ископаемых.

Каждый может собрать шлихи. Попробуйте это сделать. Возьмите лоток, легкую лопатку, небольшой запас бумаги (можно использовать чистые страницы старых тетрадей), полотенце, лупу (по возможности с большим увеличением, например в 10 раз), записную книжку и схематический план местности (его надо сделать заранее). Идите по берегу реки вверх по течению.

В начале маршрута возьмите пробу № 1, зачерпнув речной песок на отмели или пляже. Лучше брать пробу не с поверхности, а по возможности из глубокой ямки. Промойте песок, а полученный шлих, высушив, ссыпьте в пакетик. На нем поставьте № 1, напишите число и свою фамилию. Не забудьте поставить на плане также № 1 в том именно месте, где вы проделали эту операцию.

Следующую пробу, № 2, целесообразно взять выше впадения притока. Не забудьте после каждой пробы тщательно вымыть руки и вытереть их, чтобы случайно не занести в последующую пробу шлиховые минералы из предыдущей. По той же причине следует тщательно ополаскивать ковш, лопату, лоток.

Собрав несколько проб и удобно усевшись в защищенном от ветра месте, аккуратно разверните и просмотрите через лупу по порядку

номеров ваши пробы. Если, например, в пробе № 4 нет минералов, которые присутствуют в пробах № 3, № 2 и № 1, значит, они попали в речку из притоков с правого или левого склона на участке между пробами № 3 и № 4.

Попробуйте установить, откуда же происходит неожиданно «исчезнувший» минерал. Для этого надо взять новые пробы по притокам, а если минерала там не окажется, то ищите его на склонах долин.

Так всегда поступают геологи и горняки, проводя шлиховую съемку, производя поиски месторождений золота и других ценных минералов.

Собирайте шлихи, изучайте их, зарисовывайте и храните. Они могут пригодиться геологу или минералогу. Если ваша съемка была проведена аккуратно, то собранные вами шлихи дадут ценные сведения о том, какие и где распространены минералы.

КАК ИЩУТ КЛАДЫ ЗЕМЛИ

Из всех неведомых стран самая близкая, но и самая недоступная — страна подземная. Проникнуть туда удается лишь на несколько километров. Но все, что мы видим вокруг, напоминает о ней. Оглянитесь: металлы, из которых сделаны машины и инструменты, нефть и уголь, сжигаемые в двигателях,— все это добыто оттуда, из мира подземных глубин.

Значит, чтобы ничто не задерживало нас на пути к окончательной победе коммунизма, нужно все время искать и находить все новые и новые месторождения полезных ископаемых.

ПОИСКИ

Искать... но где и каким образом? Вот на выступе скалы стоит геолог-поисковик, оглядывая неисследованную горную цепь. Быть может, ценная руда тут же, под его ногами? А может быть, в этих горах нет никакой руды? Снаряжение геолога — обычное снаряжение путешественника: походная палатка, спальный мешок, бинокль, планшет с топографической картой. Вот только не совсем обычно выглядит молоток да компас почему-то привинчен к прямоугольной пластинке. Не в этих ли предметах ключ к его работе? Но, когда вы раздумываете в классе у доски, мел не поможет решить задачу, хотя без него и не обойтись. Так и геологу не обойтись без своего снаряжения, но решают успех дела только его опыт и знания, только понимание того, как построена и как развивалась Земля. Частью его знаний обладаете и вы, если внимательно читали эту книгу. Они и помогут вам понять смысл и ход геологического исследования.

Вы знаете, например, что на поверхности Земли почти везде видны только самые «молодые» — четвертичные отложения, им не больше миллиона лет. Большинство же месторождений скрывается в более древних породах. Значит, прежде чем искать месторождение, надо ясно представить, как расположены эти древние породы под четвертичными, как бы «снять» с земной поверхности покров самых молодых пород.

В этом и состоит первая задача геолога. Называется она *геологической съемкой*.

КАРТА ПОДЗЕМНОГО МИРА

Легко сказать — «снять» покров четвертичных пород! Не звать же на помощь армию землекопов, чтобы перекопать всю исследуемую местность. Но у геологов есть природные помощники — вода, ветер, солнце. Реки врезаются в земную поверхность, море подмывает берега, от солнца высыхают и растрескиваются поверхностные слои, ветер уносит разрушенную породу — и на склонах долин, на обрывистых берегах моря, на гребнях гор то тут, то там четвертичный покров прорван и видно, как обнажаются более древние породы. Каждое такое место — их называют *обнажениями* — окно, через которое геолог заглядывает в подземный мир.

Вот геолог у обнажения. Своим молотком он отбивает или отгребает выветрившуюся по-

роду, потом тщательно исследует слой за слоем. Опытному глазу важна каждая подробность. Следы трещин и изгибы мелких прослоек укажут, что когда-то здесь происходило смятие горных пород; размытая и неровная граница между двумя пластами отметит время, когда нижний пласт выходил на поверхность и выветривался. Обломок раковины или отпечаток растения — особенно важная находка: определив, к какому из вымерших видов они относятся, можно узнать возраст слоя — их ровесника; и геолог не жалеет труда, отбивая молотком куски коренной породы в поисках остатков древних организмов.

Затем на поверхности пласта выравнивается площадка. Прикладывая к ней горный компас, геолог определяет, насколько круто и в какую сторону погружаются (как говорят геологи, падают) пласты в глубь земли.

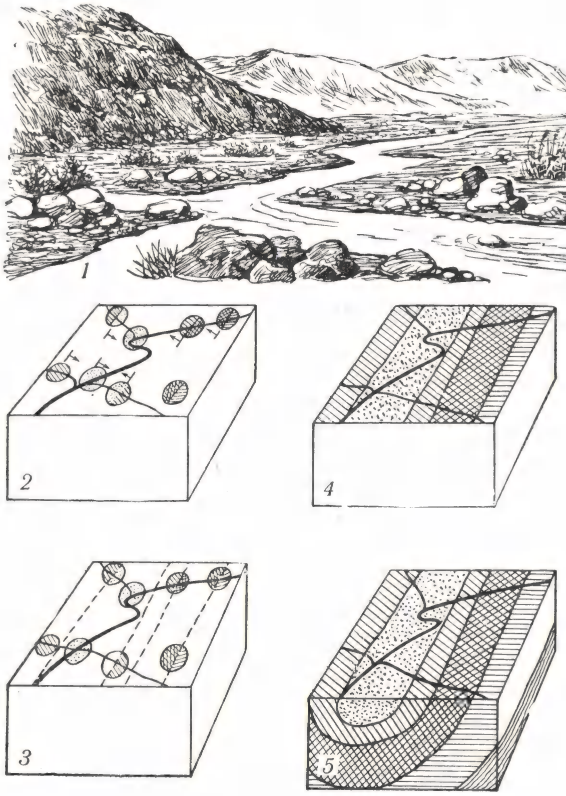
Конечно, не во всем удается разобраться на месте, да и некогда — время не ждет, и геолог отбирает в рюкзак образцы породы, тщательно записывает и зарисовывает все, что ему удалось заметить, иногда фотографирует обнажение — все это понадобится при окончательной обработке, когда будет подробно исследован состав пород и восстановлена их история.

«Опрос» обнажения закончен — осталось записать его «адрес». Геолог вынимает карту местности, наносит на нее обследованный участок — и в путь, до следующего обнажения.

Вечером, вернувшись в лагерь, он сопоставляет записи, уточняет возраст пород, внимательно исследует образцы. И постепенно обнажения на его карте закрашиваются разными красками; их цвет указывает возраст выходящих на поверхность пород; там, где удается проследить границу между пластами, проводятся тонкие линии: стрелки покажут направление падения пластов (см. вверху рис. 2).

Пройдет немного дней, и геолог сможет дополнить карту обнажений, осматривая всю местность с высоты; некоторые породы он уже узнает издали, а иногда даже под слоем почвы. Например, на склонах долин более твердые породы образуют крутые навесные стенки, а мягкие (глина, лёсс) спускаются пологими площадками.

Иногда и растения сообщают, какие породы они нащупали корнями: например, на Урале осины и ели растут на болотистой почве, обычно покрывающей кварциты, а сосны — на сухой земле, характерной для гранитных массивов.



Этапы составления геологической карты:
1 — снимаемая на карту местность; 2 — карта с нанесенными обнажениями; 3 — проведены границы между пластами; 4 — карта составлена; 5 — построен геологический разрез.

Но все же и после этого на карте окажутся только отдельные цветные пятна. Стоило ли ради этого разбивать лагерь в глухой местности, карабкаться по горам с тяжелым рюкзаком, часами копаться в обнажениях? Стоило!

Как летчик может составить примерный план незнакомой местности, глядя на нее сквозь редкие разрывы в облаках, так и геолог воссоздает картину подземного мира, заглядывая через разрывы в четвертичных породах. В этой работе на помощь его опыту и знаниям приходят чутье и воображение.

Он знает, что осадочные породы залегают пластами. Значит, границы между ними нужно провести на карте непрерывными линиями (см. блок-диаграммы на стр. 221). По нескольким выходам он представит контуры огромного, расширяющегося книзу гранитного массива — батолита и нанесет их на карту.

Мало-помалу плавные линии соединят границы пластов, замеченных на обнажениях, как

Долина пересекает слои пород различной твердости. Твердые слои обрываются круто, мягкие дают пологие склоны. Такое обнажение легко картировать издали.

показано на рис. 3 на стр. 219. Если в соседних обнажениях встретились породы разного возраста, граница пройдет между ними. Нередко на помощь воображению приходит математический расчет, позволяющий определить положение невидимого выхода пласта. И вот осталось только закрасить полосы между границами, выбирая цвета по возрасту пород (рис. 4 на стр. 219). Карта готова! Что будет делать геолог теперь?

ВЗГЛЯД СКВОЗЬ КАРТУ

Можно подумать, что карта откроет геологу доступ только к самым верхним этажам подземного мира. Рассмотрите рисунки на стр. 221, вверху. Вы увидите, что расположение пород на карте всегда зависит от строения земных глубин.

Выходы смятых в складки пластов протянулись по карте длинными полосами. Эти полосы расположены в ряд «по старшинству». Если от края к середине ряда выходят все более древние пласты, можно уверенно сказать, что это — свод, или антиклиналь (рис. *А*). В синклинали, наоборот, древние слои оттеснены к краям, а молодые находятся в середине складки (рис. *Б*). А как изображается сброс, видно на рис. *В*. Поняв, почему карта выглядит так, а не иначе, можно «увидеть сквозь карту» строение подземного мира. Мало того! С помощью той же карты можно провести через весь район воображаемый разрез, заглянуть вглубь и составить чертеж тех пород, которые были бы видны на стенках разреза. Чтобы составить этот чертеж — он так и называется геологическим разрезом — не нужно даже отходить от рабочего стола: не понадобится ничего, кроме линейки, угольника, транспортира.

Представьте себе разрезанный слоеный пирог: вы увидите чередующиеся полосы начинки и теста. Таков и геологический разрез. Осадочные пласты всегда пересекают его длинными полосами.

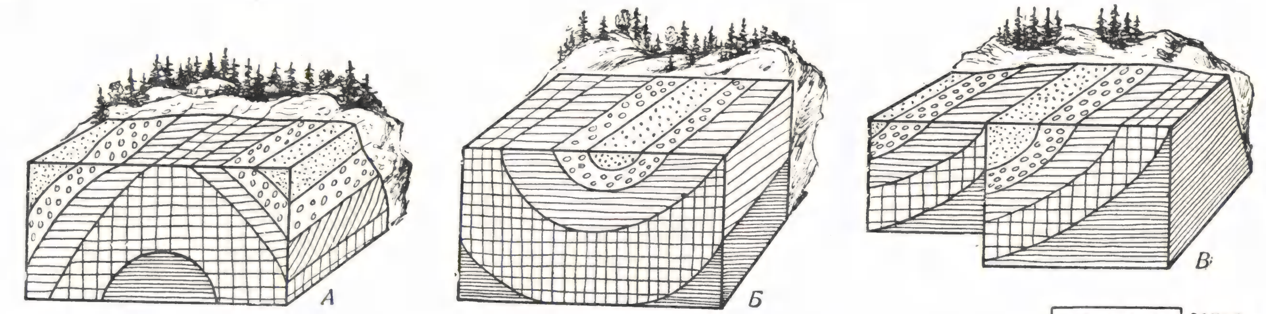
Чтобы построить разрез, конечно, надо посоветоваться с картой, обдумать, какие геологические структуры могут встретиться на пути, т. е. как расположены здесь пласты горных пород.

Но, «проникая» в глубь земли, нельзя забывать о том, что делается на поверхности. Иначе нетрудно «открыть» антиклиналь там, где на самом деле речная долина обнажила около русла древние пласты; или принять холм за чашевидную синклиналь (рис. внизу на стр. 221).

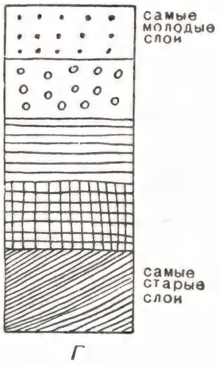
Конечно, не во всем легко разобраться. Иногда нельзя даже сразу сосчитать, сколько пластов показано на карте. Теперь вернитесь к рисункам на стр. 219. Посмотрите сперва на рис. 5, а затем на рис. 2. Вы перейдете от модели большой подземной области к нескольким пятнышкам на карте, и вы поймете, что труды геолога не пропали даром.

КАРТА ПОДСКАЗЫВАЕТ

Мы говорили про работу на обнажении, карту, разрез, подземное залегание пластов, а о главном — о том, как искать полезные ископаемые,— как будто бы не сказали ни слова... Но поиски уже начались.



Блок-диаграммы разных структур:
А — антиклиналь, *Б* — синклиналь, *В* — сброс. Верхнее сечение — геологическая карта; боковые сечения — геологические разрезы. Как залегали слои первоначально (до складчатости), ясно из рис. *Г*.



Ведь история каждого месторождения — это в то же время история и окружающих его пород. Возраст, строение, условия залегания пород — все, что геолог заметил на обнажениях и расшифровал, изучая карту, теперь подскажет ему, где и какое полезное ископаемое имеет смысл искать.

Такие ископаемые, как уголь, соль, нефть, можно обнаружить только среди осадочных пород: они накопляются постепенно, долгое время. Каждое, конечно, располагается по-своему. Например, уголь чаще всего находят в отложениях каменноугольного, юрского и третичного периодов. Почему? Потому, что именно в эти эпохи затоплялись морем колоссальные леса, из которых впоследствии образовался уголь. Соль, наоборот, осаждается при высыхании морей и поэтому часто встречается в отложениях эпох, когда отступали моря и образовывались неглубокие бассейны.

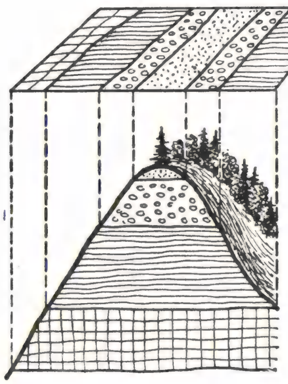
Жидкая нефть может путешествовать по слоям и обычно стремится подняться повыше. Поэтому, установив с помощью карты подземный купол или другое поднятие, геолог задумывается: а не найдется ли здесь нефть?

Другие ископаемые, например почти все руды металлов, — пришельцы из глубин Земли: растворенные в магме, они прорывались сквозь толщу осадочных слоев. Значит, искать их нужно в горных районах вблизи массивов изверженных пород. Если массив старый и сильно размыт, дело плохо: вместе с его краями разрушена и та область, где происходило образование руды.

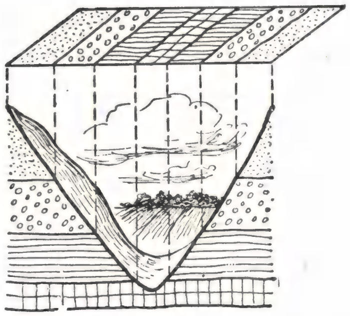
Другая крайность — когда вторжение магмы происходило сравнительно недавно (например, в третичном периоде) — тоже неблагоприятна: ветер, солнце, вода не успели еще раскопать руду, и она залегает слишком глубоко. Обнаружить можно будет только такие месторождения (например, ртутные), которые далеко ответвляются от породившего их массива.

Но вот рассказ геологической карты расшифрован. Знаем ли мы теперь точно, где искать месторождение?

Посмотрите на геологическую карту СССР (стр. 176—177). Подумайте сами, легко ли с ее помощью найти месторождение? Конечно, ничуть не легче, чем отыскать знакомого, найдя по карте только район, где он живет. Показывая даже на самой подробной геологической карте всего Советского Союза (ее масштаб 1:2 500 000), где искать, вы закроете пальцем местность в



Карта и разрез холма, сложенного горизонтальными пластами; на карте он выглядит, как синклиналь.



Карта и разрез долины, сложенной горизонтальными пластами; на карте она выглядит, как антиклиналь.

600—700 *км*^{2}. А выход пласта шириной в 100 *м* на ней нечего и искать: в масштабе этой карты 100 *м* составят всего одну двадцать пятую миллиметра.

Поэтому, чтобы указать точный адрес месторождения, нужно составлять более детальные карты интересующих нас районов. Беда только, что чем подробнее карта, тем труднее ее составить. Например, чтобы провести геологическую съемку в масштабе 1 : 1 000 000, достаточно несколько раз пересечь местность вдоль долин и дорог, а при съемке в масштабе 1 : 100 000 нужно обследовать каждое обнажение, а иногда и выкапывать искусственные.

Поэтому детальную съемку стоит проводить только вблизи месторождения. Но чтобы знать, близко ли оно, как раз и нужна точная карта. Значит, выхода нет? Нет, это не так. Карта дала примерный адрес месторождения, и, если более детальная съемка пока не оправдана, начнутся поиски: на смену геологу-картировщику придет геолог-поисковик.

ОХОТА ЗА МЕСТОРОЖДЕНИЕМ

«Это... игра, азарт. Открыть новое месторождение — дело удачи, тонкого понимания... дело увлечения, иногда граничащего со страстью»,— писал акад. А. Е. Ферсман.

Да, поиски месторождения — настоящая охота. Но ведь и у охотника есть своя наука: изучить все повадки зверя, знать, где он чаще встречается, уметь его обнаружить по едва заметным признакам. И в работе геолога только научная подготовка дает ему чутье следопыта.

У полезных ископаемых есть свои излюбленные места. Обследуя горный массив, геолог насторожится, обнаружив трещины и разломы: здесь чаще всего встречаются жилы. В нефтеносном районе его внимание привлекут пласты пористой породы (например, песчаника): они легко пропитываются нефтью.

У полезных ископаемых есть и свои приметы. Месторождения участвуют в жизни земной коры: руда, уголь выветриваются — растворяются в воде, вступают в химические реакции с окружающими породами. И как звери в лесу выдают себя на каждом шагу — обглоданной корой, тропинкой к водопою, следами на заснеженной поляне,— так и полезные ископаемые, каждое по-своему, выдают свое присутствие. Залежи железных руд покрываются «железными шляпами» — заметной издали коркой выветрившихся пород, бурой, красной или желтой от окислов железа. Соединения меди окрашивают соседнюю с ними породу в ярко-синие или зеленые цвета; кобальт дает персиково-красные пятна и потеки, никель — зеленые. Далеко высылает о себе вестников нефть: она по капелькам просачивается сквозь толщу пород, образуя радужные пятна на поверхности спокойных водоемов.

По таким приметам — их называют поисковыми признаками — геолог и обнаруживает месторождение. Но сначала еще до месторождения нужно добраться. И геолог отправляется «выслеживать» — наблюдать за «тропами», на которых легче всего напасть на «след» полезного ископаемого.

Такие тропы для руды — водные пути. Дожди, горные ручьи, быстрые реки не только размывают почву, но и увлекают своим течением обломки всех коренных пород. Крупные куски, дробясь, перекатываются по дну, мелкие — плывут. У устья, там, где река замедляет течение и освобождается от своего груза, скопление этих обломков — речные наносы. Сюда и направляется геолог. Он разыскивает нужный ему след — гальку полезного ископаемого

В ущелье Левый Талгар (Заилийский Алатау).

или его «соседей» по месторождению (гальку той породы, которая обычно окружает руду). Когда след найден, геолог отправляется вверх по реке: он найдет месторождение по тому пути, который проделала галька. Чем ближе к цели, тем больше следов на его дороге, тем гальки крупнее: приближаясь к устью, река постепенно ослабевала и оставляла более тяжелую гальку на дне.

Около каждого притока «дорога» разветвляется; геолог осматривает наносы, отыскивает, по какому направлению следы идут дальше, и продолжает путь. Все ближе месторождение; меняется вид гальки: она хуже окатана, все больше напоминает недавно отбитый обломок. И вдруг след обрывается. Неужели он потерян? Да, но так теряется след у логова! Месторождение здесь! Отсюда начинали путь обломки полезного ископаемого, снесенные со склона в реку. И геолог карабкается вверх. Обломки рассеяны по склону веером. К центру этого веера! Жила найдена!

Точно так же выслеживают богатую россыпь, пласт золотоносного песчаника.

Этот способ поисков называют о б л о м о ч н о - р е ч н ы м. Его выработала народная мудрость «рудознатцев» — древних рудоискателей. Великий Ломоносов использовал их опыт для создания научно обоснованного метода поисков, который до сих пор применяется геологами всего мира. И многие другие современные способы поисков, в сущности, — младшие братья обломочно-речного.

В тех местах, где есть или когда-то были ледники (см. стр. 73), у геолога появляется новый союзник. Ледник гораздо сильнее реки, он тащит за собой не гальку, а валуны — большие куски или даже целые глыбы оторванных коренных пород. У конца ледника, как и в устье реки, обломков — несметное сборище; много их обронено и на пути отступления ледника. И геолог, найдя представителя месторождения — «валун-указатель», отправляется выслеживать его путь. Это не всегда легко.

Можно выслеживать месторождения по мелким крупинкам рудных минералов (см. стр. 216).

Конечно, поисковые способы не обязательно укажут геологу само месторождение. Но, во всяком случае, они приведут его так близко, что не жалко будет труда для детальной геологической съемки.

Круг замкнулся. Если работа была успешной, геолог у месторождения. Он первый обнаружил, что́ может дать родине это место, и, сегодня никому не известное, завтра оно, быть может, отразится на жизни самых далеких уголков страны.

Схема обломочно-речного метода:

1. Возле устья.

2. На разветвлении.

3. След оборван.

4. Месторождение найдено.

А для многих десятков людей теперь-то и начнется работа. Ведь геолог обнаружил только верхний край месторождения. А как оно расположилось в глубине? И вообще, стоит ли его разрабатывать? Может быть, руды так мало, что не окупятся расходы по добыче?

Взвесить запасы хранящейся в глубине руды, определить ее качество геологу, конечно, не под силу. Но этого пока и не требовалось. Как и всякий разведчик, геолог должен проникать повсюду и потому снабжен только самым легким снаряжением. Теперь другое дело. К найденному месторождению двинутся подкрепления, оснащенные всей современной техникой. Ученые изобрели приборы, позволяющие изучать свойства, узнавать строение невидимых подземных пород. Наша родина оснастила этими приборами целую армию специалистов. О них и их работе теперь и пойдет речь.

А пока... перечитайте эту главу. Вспомните и те поисковые признаки, о которых рассказано в разделе «Сокровища недр Земли», ознакомьтесь с нуждами и возможностями вашего района. Неужели никого из вас не потянет в поле?

Но не надейтесь на легкий успех: природа живет не по-писаному. Просматривая гальку какого-нибудь минерала, вы вдруг увидите след оборванным; знакомясь с основными породами, будете почему-то наталкиваться на один и тот же пласт. Не торопитесь с выводами. Выходы красных пород могут оказаться не железняком, а обыкновенной глиной. Окислы железа дают на воде такую же радужную пленку, что и нефть. Но и не унывайте. Вы научитесь различать радужные пятна по излому; ударьте палкой — нефть расползется, как масло, а железистая пленка расколется, как льдинка; вы будете знать, что весенние потоки иногда перебрасывают гальку через заваленное снегом ущелье, и вас не смутит обрыв следа; а чтобы не встречать при обследовании один и тот же пласт, идите не по простиранию, а по падению... Итак, в добрый путь!

СЛЕДЫ НЕВИДИМОГО

Чаще всего месторождение скрывается за непроницаемой толщей горных пород. Но вокруг нас действует много сил, для которых эта преграда не страшнее, чем стекло для лучей света. И как луч света освещает темную комнату, так и эти силы, если суметь их обнаружить, «осветят» нам строение подземного мира.

Как же обнаружить следы невидимого?

МЕСТОРОЖДЕНИЕ НА ВЕСАХ

В поле, на болоте, в глухой чаще или на дороге вы можете встретить необычную процессию. Вдоль едва заметной тропинки, отмеченной редкими вехами, продвигается человек с большой коробкой на спине; рядом везут металлическую тумбу, за ней — будку.

У одной из вех остановка. Внутри будки устанавливают громоздкое сооружение из железных частей. Повертев его во все стороны, люди отходят — видимо, располагаются на отдых — и следят только, чтобы никто не приближался к будке. Наверное, вы удивились бы еще больше, узнав, что странное сооружение — это прибор, который позволяет определить вес месторождения. Какая же сила связывает прибор с подземной залежью? Та же, что связывает Солнце и планеты, та же, из-за которой вы, оступившись, падаете вниз,— сила тяготения. Она не делает исключений и не знает преград. Звезды и планеты, горы и океаны, гранитные массивы, рудные залежи и каждый пропласток земных слоев, как и каждый предмет в вашей комнате,— все, что существует во Вселенной, участвует в том взаимном тяготении, которое вы ощущаете как вес (см. статью на стр. 356).

Правда, сила притяжения к горным массивам и океанам составляет всего лишь десятитысячные доли нашего веса, а притяжение к рудной залежи еще в сотни раз меньше. Мы не можем заметить его, как не можем различить плеска отдельной волны в грохоте морского прибоя.

Но оно и к лучшему: иначе наша жизнь была бы слишком беспокойной. Проходя по улице, мы бы чувствовали, как каждое здание тянет нас к себе, и тем сильнее, чем оно тяжелее или ближе. Мы бы едва передвигали ноги над залежью тяжелой руды и подпрыгивали на каждом шагу над пластом соли или гипса (эти породы легче большинства других, а значит, и притягивают слабее).

Как раз такую высокую чувствительность и имеет прибор в будке. Потому и переносят его с места на место. Прибор показывает, в каком направлении увеличивается сила тяжести. Потому никого и не подпускают к будке, что стрелка прибора отклоняется даже от приближения человека.

А задуман этот прибор совсем просто. К металлической нити подвешено наклонное коромысло с легкими грузами на концах. Тяжелая масса (например, залежь пирита) будет притягивать оба груза, но ближний, конечно, сильнее, и коромысло начнет поворачиваться туда, где сила тяжести больше (т. е. к залежи). Тут в борьбу с силой тяготения вступит нить, закрутившаяся при повороте коромысла. Чем больше ее закрутило, тем сильнее она стремится назад. И когда в конце концов установится равновесие, по отклонению коромысла можно будет определить, в каком направлении и насколько увеличивается сила тяжести. Этот прибор (его называют крутильными весами) должен записывать мельчайшие отклонения коромысла, и записывать сам—человеку нельзя его «беспокоить».

Есть еще более точные приборы — они могут непосредственно измерять силу тяжести (их называют гравиметрами, от латинского слова «гравис» — тяжелый). В сущности, для этого достаточно взвешивать один и тот же груз в разных местах: там, где сила тяготения возрастает, увеличится и вес груза. Вся трудность в точности. Приборы, которые могли бы заметить изменение силы тяжести над месторождением (как бы «взвесить» его), научились строить всего лет 25 назад. Но способ, с помощью которого это удалось сделать, еще 200 лет назад предвосхитил М. В. Ломоносов.

Искать месторождение по изменению силы тяжести, или, как говорят, проводить *гравитационную разведку*, можно, конечно, не везде.

Руда часто залегает среди пород примерно одинаковой с ней плотности, и тогда она никак не влияет на изменение силы тяжести. Но от разведчика ей все равно не скрыться: вести из глубины земли может принести ему и другая сила.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ — МАГНИТ

Поднесите к стрелке компаса ножницы. Стрелка отклонится: присутствие железа изменило магнитную силу. Точно так же и залежи многих полезных ископаемых могут изменить магнитную силу на поверхности Земли. Одни породы, например руды черных металлов (колчеданы, магнитный железняк), очень восприимчивы к магнитной силе: вблизи них магнитная сила больше обычной; другие (соль, известняк) ведут себя так, точно никакого магнетизма вовсе не существует. Поэтому над залежью магнитного железняка магнитная сила будет больше обычной, а над пластами соли —

меньше. Различием в магнитных свойствах (магнитной восприимчивости) пород и пользуются при магнитной разведке.

Иногда руда сильно отклоняет даже обыкновенный компас (как в районе Курской магнитной аномалии), но чаще всего обнаружить залежь могут только очень чувствительные приборы. На стр. 228 изображен один такой прибор — «магнитные весы». Чтобы измерить магнитную силу, ее действительно «взвешивают» — сравнивают с другой, известной нам силой. Для быстрого обследования больших районов ленинградский ученый А. А. Логачев изобрел аэромагнитометр — прибор, который может вести магниторазведку с самолета.

ТОКИ В ЗЕМЛЕ

Ну, а как быть, если плотность и магнитная восприимчивость полезного ископаемого такие же, как и у окружающих пород? Ведь и магнитная и гравитационная разведки тогда бессильны.

Выручает электричество. Мы привыкли видеть его у человека на поводу: бегущим по проводам, запрятанным в батареях. Но случается, что токи вырываются на свободу через заземления, рельсы трамвая, они попадают в землю и блуждают там. Есть в земле и токи, которые родились свободными — возникли в батареях, приготовленных самой природой.

Вблизи рудных — особенно сернистых — месторождений найдется все, что нужно для настоящей батареи: металл, сернистые соединения и вода. От такой залежи электрический ток растекается по земле, как тепло от нагретого тела. Чем ближе к залежи, тем легче ее заметить. Конечно, токи в земле совсем незначительны. Но ученые создали прибор, который может измерять даже самые слабые земные токи, а значит, и указать дорогу к естественной батарее — залежи.

А если нет и этих батарей? Что ж, если месторождение не посылает вестников ни к электрическим, ни к магнитным, ни к гравитационным приборам, мы сами направим вглубь силу, которая позволит его обнаружить! Но какой же силой можно распоряжаться по своему усмотрению?

Сделать руду тяжелее, чем она есть, конечно, нельзя; не умеем мы пока и намагничивать подземные залежи. А вот электрический ток? Как часто, уходя через заземления, он блуждает в земле без толку. Нельзя ли отправить на разведку его?

Помните, нам помогало обнаружить залежь различие плотностей и магнитных свойств горных пород? А ведь электрические свойства горных пород тоже различны.

Проходя сквозь кварц, ток-разведчик встретит сопротивление в 10 раз меньшее, чем в слюде. Сопротивление ангидрита еще в 10 000 раз меньше и все-таки неизмеримо больше (в миллионы миллиардов раз), чем у настоящих проводников — металлов. Вот эти различия и делают возможной электроразведку земных глубин.

Направим ток от батареи в землю через два железных кола-электрода. Ток потечет в земле по всем породам, но сильнее будет там, где сопротивление меньше. И как опытный лоцман, изучая течение реки, может

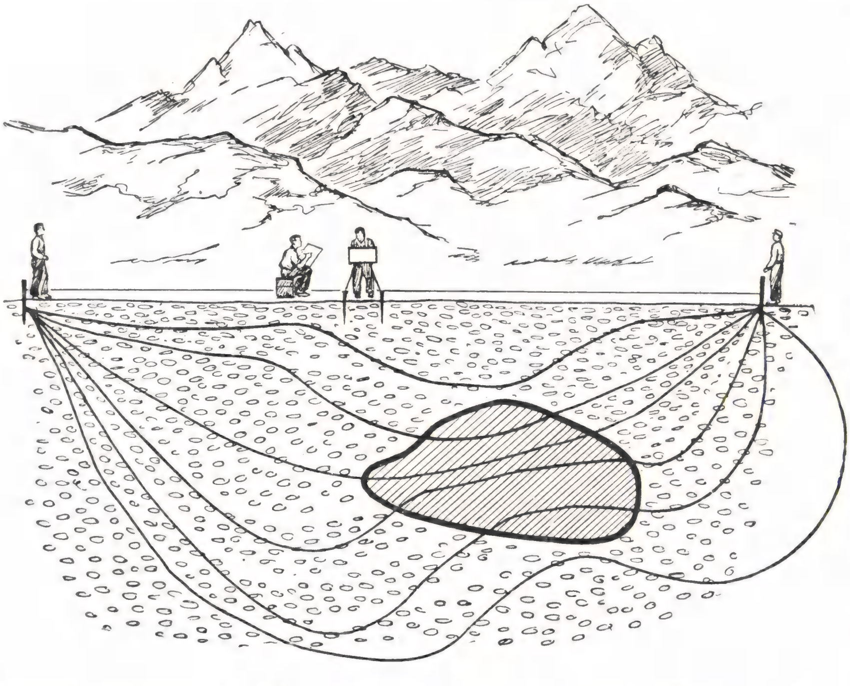


Схема электроразведки. Через крайние электроды ток проходит в землю. Электроды в середине ведут к измерительному прибору. Линии тока изменяют направление и сгущаются возле рудного тела.

распознать, где отмель, а где пороги, так и электроразведчик, изучив земные токи у поверхности, может узнать, что встретил ток в глубине и как чередуются плохо и хорошо проводящие породы.

А ведь среди них могут быть и те, которые разведчик ищет.

Способов электрической разведки придумано очень много. Ток посылают на любую нужную глубину (до нескольких километров), отправляют в плавание с подземными водами, «просвечивают» переменным током землю. Ведь мы сами управляем той силой, которую потом измеряем, и можем менять ее, как понадобится, чтобы облегчить поиски.

Это, конечно, очень важное преимущество. Но в таком случае — не найдутся ли у разведчика и другие помощники?

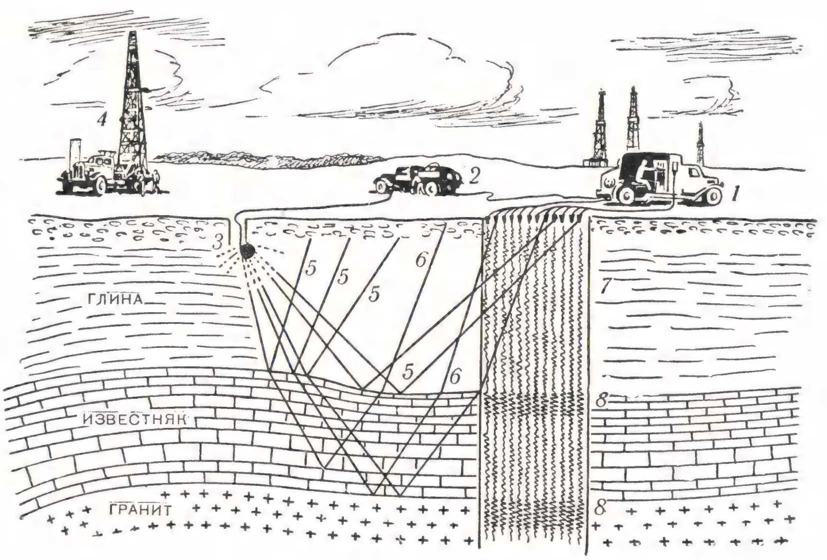


Схема сейсмической разведки:

1 — сейсмическая станция; *2* — взрывной агрегат; *3* — взрывная скважина; *4* — станок для бурения скважин; *5* — лучи волн, отраженных от кровли известняка; *6* — лучи волн, преломившихся в слое известняка и отраженных от гранита; *7* — сейсмограмма — фотозапись на ленте колебаний пластов земли. Сейсмограмма получается на сейсмической станции; *8* — вступление отраженных волн на сейсмограмме.

РАЗВЕДКА ВЗРЫВАМИ

В 1608 г. враги осаждали старинную русскую крепость — Троице-Сергиевскую лавру (в г. Загорске). Сломить стойкость защитников они не смогли и в глубокой тайне стали вести подкоп под крепостные стены. Но русский военный «розмысл» (инженер) Влас Корсаков сумел разгадать замысел врагов и определить место подкопа: он приказал вырыть несколько глубоких «колодцев» (ям) и устроил в них «слухи часты», т. е. следил за доносившимся сквозь землю шумом саперных работ. Подкоп был обнаружен и уничтожен. При смелой вылазке защитников крепости вражеское войско было разбито, и остаткам его пришлось убраться.

Что же могло донестись сквозь землю к Власу Корсакову?

В статье о землетрясениях вы читали, что от удара, толчка разбегаются во все стороны волны в земной коре. Они похожи на волны от камня, брошенного в воду.

Влас Корсаков использовал эти с е й с м и ч е с к и е волны как вестники событий, происходящих в земле. Теперь ученые заставляют сейсмические волны рассказывать обо всем, что они встретили в глубине.

В солнечный день подойдите к спокойной реке. Вы увидите отражение солнца и деревьев около берега. Но, вглядевшись, вы заметите и дно реки: значит, при переходе солнечного света в воду часть лучей отразилась, а часть пошла дальше и осветила дно. В воде лучи пойдут уже по новому направлению: опустите в реку палку, и вам покажется, что она переломилась.

Такие отражения и преломления испытывает не только свет, но и сейсмические волны, когда они переходят из одной среды в другую, например из одного пласта в другой. Дойдя до новых пород, сейсмические волны разделяются: часть из них, преломившись, пойдет дальше, а часть — отразившись, возвратится на поверхность. И при каждой встрече с новыми пластами на поверхность прибегут вестники — отраженные волны.

Теперь вы можете понять схему с е й с м и ч е с к о й р а з в е д к и на рисунке.

Прежде всего нужно послать сейсмические волны в глубь земли. Это дело нетрудное: достаточно сравнительно небольшого взрыва, и в земле возникнут сотрясения, которые можно записать специальными приборами — с е й с м о г р а ф а м и. А вот чтобы получить такую запись, приходится вывозить в поле настоящую физическую лабораторию.

Отразившиеся от всех границ сейсмические волны подходят к сейсмографам. Там колебания почвы превращаются в электрический ток. Чтобы лучше проследить путь волн, на поверхности устанавливают несколько десятков сейсмографов. Ток от них направляется на передвижную сейсмическую станцию, где с помощью сложных приборов получают сейсмограмму — фотозапись показаний всех сейсмографов.

Конечно, сейсмические волны нельзя направить, как лучи света, только на то, что хочешь увидеть. В ответ на взрыв придут и отражения от каждого пропластка и разрыва в земле, и волны, бегущие по поверхности. Разгадать среди хора этих откликов то, что нам нужно, — нелегкая задача. Но акад. Г. А. Гамбурцев изобрел специальные приборы, которые «не пускают» на сейсмограмму «лишние» волны, а нужные — усиливают в сотни тысяч и миллионы раз. И в конце концов в руках сейсморазведчика оказывается четкий рассказ сейсмических волн о происшедшем. По этому рассказу он сможет узнать, как расположились в глубине горные породы.

ОСОБЫЕ ПРИЗНАКИ

«Взвешивать», «выстукивать», пропускать ток можно при поисках каждого месторождения: ведь все предметы на Земле имеют вес и — плохо ли, хорошо ли — пропускают ток и передают сотрясения. Но, как и люди, полезные ископаемые иногда имеют особые приметы, присущие только им. А раз есть особые приметы, можно придумать и специальный способ разведки.

Например, вблизи нефтяных месторождений часто встречаются выходы газа. В небольших количествах газ обязательно проникает в почву, и, конечно, чем ближе к месторождению, тем его больше. Поэтому газовая съемка — определение количества газа в разных местах почвы — облегчает поиски нефти.

Вокруг месторождений тяжелых металлов породы тоже пропитываются мельчайшими частицами полезного ископаемого — золота, свинца, олова. Их можно обнаружить специальным анализом, и такой след, конечно, тоже приведет к месторождению. Этот способ разведки называют м е т а л л о м е т р и е й.

Самые рьяные путешественники — частицы, излучаемые радиоактивными рудами. Улавливая это излучение, радиоразведка может обнаружить радиоактивные вещества, даже если их приходится два-три грамма на миллион тонн пустой породы (см. стр. 118).

КАК ПОНЯТЬ ЯЗЫК ПРИБОРОВ

Способы разведки, о которых вы сейчас прочли, называются г е о ф и з и ч е с к и м и, потому что каждый раз мы определяем геологическое строение, изучая издали физические свойства горных пород.

Вы помните, геолог начинал работу с того, что изучал геологическое строение сквозь немногие «окна» — обнажения. Для геофизика такие «окна» — стоянки его приборов. Нелегкий путь лежал от редких пятен — обнажений — на карте до геологической модели района. И путь от колонок цифр — сообщений приборов или рулонов с сейсмограммами, где записаны показания сейсмографов, — до цели разведчика — карты подземного строения пластов — нелегкий путь. Помните сказку о Репке? Представьте, что вам захотелось узнать, как сильно тянет только одна мышка. Сходная задача и у гравиметриста. Ведь грузик его гравиметра притягивает вся Земля, тянут огромные глыбы — материки и отдельные горы — и Луна, а надо выделить только силу притяжения к залежи.

Не легче и магниторазведчику: стрелку его прибора отклоняет не только «магнит»-месторождение, но и «магниты»-материки, и тот «магнит», на котором мы живем, — вся Земля.

У магнитных весов.

Нужны сложные математические расчеты и тонкое чутье следователя, чтобы распознать силу, идущую именно от месторождения.

Расшифрованное сообщение прибора наносится на карту; изменение силы помогает точно установить, как расположена под землей залежь.

У сейсморазведчика — свои трудности. Конечно, если граница между пластами ровная и не наклонена, то определить ее глубину по сейсмограммам — простая арифметическая задача. Но представьте, что вам показали отражение человека в кривом или разбитом зеркале и предложили нарисовать его настоящий портрет. Сходную задачу приходится решать и сейсморазведчику, если он натолкнется на отражения от изогнутых, рассеченных трещинами пластов. Зато, когда все трудности преодолены, в руках у геофизика «портрет» месторождения — карта подземных структур.

РАЗНЫЕ ЗАДАЧИ — ОДНА ЦЕЛЬ

Геофизические способы разведки сравнительно молоды (им лет 40), но уже сейчас мы умеем обнаруживать магнитную залежь с самолета и взвешивать глубокие рудные жилы. Не становится ли работа геолога-поисковика вообще ненужной?

Нет! Геофизик использует точнейшие приборы, отправляется в далекое путешествие со сложным оборудованием. И перед тем как начать работу, он должен правильно выбрать способ геофизической разведки. Он должен быть уверен, что его сложная техника будет пущена в ход не зря. Все это дает геофизику работа геологов.

Геолог составляет план геологического строения местности; геофизик узнаёт из этого плана о расположении основных пород района и решает, каким физическим свойством может выдать себя месторождение.

Геолог выясняет, где имеет смысл вести подробную разведку, иногда обнаруживает верхний край месторождения; геофизик точно прослеживает под землей контуры залежи. Значит, работа геофизика — естественное продолжение и завершение работы геолога.

ПОСЛЕДНЯЯ РАЗВЕДКА

Мы искали месторождение, потом уточняли его адрес, наконец перед нами его «портрет». Не пора ли горнякам начать разработку залежи? Подождите! Портрет надо еще сверить с оригиналом: разведчики ведь могли ошибиться, да и качество подземной руды пока неизвестно.

Проверить карту, провести окончательную разведку — значит прорваться к залежи. Так и поступают: близкую залежь пересекают канавками, вскрывают разведочными колодцами — шурфами; к глубокой залежи приходится пробуривать скважины. Встреча состоялась! Разведчик проверяет состав и расположение слоев, устанавливает точные размеры залежи, извлекает образцы пород, определяет запасы и качество руды. И если эта последняя разведка, «разведка боем», подтвердит выводы геолога и геофизика, приготовления к «штурму» — промышленной разработке месторождения — окончены.

Вырастет целый лес буровых вышек или, глубокие штольни прорежут горный массив, или мощные экскаваторы вгрызутся в землю, вырывая гигантские котлованы, засветятся огни нового поселка, загудят составы на специально проведенной железной дороге, и уголь, нефть, руда потекут туда, где их поджидают работники новых заводов и строек.

А геолог? Он уже далеко—в месте еще глухом и не изведанном, где его сменит поисковик, выслеживая месторождение, где потом появится геофизик со своей полевой лабораторией, где разведчик уточнит их выводы... но для вас теперь это история знакомая.

НА СЛУЖБЕ НАРОДА

Некоторым из вас работа геолога, может быть, казалась делом особенным, преисполненным азарта и приключений — вроде золотоискательства в рассказах Джека Лондона и Брет-Гарта.

Особых тайн не обнаружилось, и необыкновенных приключений, как видите, не произошло, зато действительное разнообразие и увлекательность этой работы много богаче того, что можно представить себе по приключенческим книжкам.

Если вам по душе это дело, вы всегда найдете в нем применение своим способностям, чем бы вы ни интересовались.

После дальнего маршрута с тяжелым рюкзаком разводить костер под дождем, по одной найденной кости восстанавливать облик вымершего чудовища; в тиши кабинета исследовать под микроскопом образцы пород; выполнять математические расчеты, чтобы перевести показания приборов на язык геологии, — и многое,

Лагерь экспедиции в районе Алтан-Тээли (Западная Монголия). В этом районе было обнаружено множество черепов и других остатков млекопитающих третичного периода.

многое другое выпадает на долю людей, изучающих недра и открывающих подземные богатства нашей родины. Кто же все-таки геолог — следопыт, конструктор, математик? Каждый из этих ответов по-своему правилен.

Но главное в работе геолога, как и в любой другой, — те цели, ради которых она ведется.

Посмотрите на карту полезных ископаемых нашей родины. Богатства ее недр были те же, что и теперь, и не было у нас недостатка в людях — пытливых, готовых на скитания и лишения ради отечества, и в людях, двигавших вперед науку. И все же за несколько столетий освоение наших недр продвинулось меньше, чем за годы Советской власти. Эти годы в геологии — путь от науки одиночек к науке народной и существующей ради народа. Именно в этом разгадка успехов советской геологии.

И потому, посылая экспедиции на поиски новых месторождений, мы думаем не только о том, что можно взять из недр земли сейчас, но и о том, что они дадут в будущем.

Направленное по единому плану, поддержанное народом, поисковое и разведочное дело достигло у нас огромных успехов.

Для осуществления грандиозного плана развития народного хозяйства СССР, намеченного семилетним планом, потребуется огромное количество разнообразного минерального сырья. В связи с этим примерно на 65% увеличится объем геологоразведочных работ. Вероятно, среди наших читателей будет немало разведчиков кладов земли.

В ПОИСКАХ ВЫМЕРШИХ ЧУДОВИЩ

Работа палеонтолога имеет большое сходство с работой археолога и историка, которые тщательно изучают остатки материальной культуры народов, обрывки надписей, листы истлевших книг, написанных зачастую на исчезнувшем языке. На основе этих материалов ученые восстанавливают историю жизни людей на Земле в далеком прошлом.

Палеонтологи по сохранившимся в горных породах остаткам вымерших животных — раковинам, костям, зубам, панцирям и чешуе — восстанавливают не только строение и внешний облик ископаемых животных, но и образ их жизни — условия существования миллионы лет назад. Ученые сравнивают скелеты вымерших животных и ныне живущих. При этом палеонтологи опираются на учение о связи строения живых организмов с условиями их существования.

Особенно ценные выводы позволяют сделать исследования наиболее сложно устроенных организмов — позвоночных животных.

Отсюда ясно, что чем полнее находки ископаемых позвоночных, тем большее значение они имеют для ученых.

Найти хорошо сохранившееся ископаемое позвоночное удается редко, потому что для этого оно должно было попасть в условия, исключительно благоприятные для сохранения. Понятно, что «кладбища» ископаемых позвоночных

животных всегда привлекают внимание исследователей.

На территории Советского Союза ученые нашли кладбища динозавров — гигантских пресмыкающихся — у подножий хребтов Тянь-Шаня в Узбекистане, Казахстане и Киргизии. К сожалению, эти кладбища были разрушены при повторном поднятии этих горных хребтов и подвергались размыву. От динозавров остались только колоссальные скопления разломанных и разрушенных до неузнаваемости гигантских костей. Насколько велики были эти кладбища вымерших чудовищ, можно судить по тому, что обломки костей динозавров слоями в несколько метров толщиной слагают целые костные гряды в десятки километров длины! Иными словами, кости динозавров нагромождены массами в сотни тысяч тонн!

Гигантские ящеры — динозавры жили в мезозойскую эру и вымерли на всей Земле к началу эры новой жизни (кайнозоя) — около семидесяти миллионов лет назад (см. стр. 193). Их заменили млекопитающие — высший тип позвоночных, к которым относятся все современные звери и человек. Самый древний этап развития млекопитающих относится к началу кайнозойской эры, т. е. к началу третичного периода. Он чрезвычайно интересен для выяснения всей истории млекопитающих животных. Но в нашей стране почти нет отложений, относящихся к самому началу третичного периода, так как они подверглись размыву в связи с поднятием горных хребтов Средней Азии.

Однако совершенно ясно, что развитие и расселение как многочисленных гигантских динозавров, так и древних млекопитающих не могло происходить только на сравнительно небольшом участке земной поверхности. Несомненно, оно захватывало огромные пространства суши. Размытые исполинские кладбища динозавров в Средней Азии и находки ископаемых млекопитающих более позднего времени неоспоримо свидетельствуют, что эти животные были распространены по всему Азиатскому материку, точнее — тому материку, который находился на месте Азии в мезозойской и в начале кайнозойской эры. И вот поэтому-то наши ученые обратили особое внимание на Монголию.

Территория Монгольской Народной Республики и смежных областей Китая расположена в самом центре Азиатского материка. Она была сушей с очень древних времен. С середины мезозойской эры там существовал обширный материк, и с тех пор море не затопляло его. Естественно, что советские ученые решили искать в отложениях этой древней суши остатки исполинских ящеров — динозавров — и сменивших их древнейших млекопитающих.

Указаниям советских ученых последовали американцы, пославшие в Центральную Азию несколько палеонтологических экспедиций в 1922—1925 гг. Американским ученым не удалось найти в Центральной Азии богатых кладбищ крупных динозавров.

На основании материалов американских экспедиций зарубежные ученые сделали неправильный вывод, что территория Монголии якобы с давних пор была пустыней, где жизнь теснилась лишь в небольших оазисах: там обитали мелкие пресмыкающиеся, крупных ящеров было мало, и влачили они жалкое существование, страдая и погибая от недостатка воды и пищи.

Это заключение противоречило наблюдениям и выводам советских ученых, сделанным на основании находок, произведенных в пределах Советского Союза. Академия наук СССР в 1946 г. решила направить в Монгольскую Народную Республику специальную экспедицию. Начальником экспедиции был назначен автор этой статьи (проф. И. А. Ефремов.— *Ред.*) Первая экспедиция 1946 г. носила как бы разведочный характер. Немногочисленная по составу, она все же проникла далеко в неизученные области пустыни Гоби и сделала интересные открытия.

На северной окраине пустыни, так называемой «Черной Гоби», за горами Гурван-Сайхан мы проникли в обширную впадину между суровыми голыми горами Нэмэгэту и Тосту. Впадина эта находится далеко в стороне от проезжих путей Она заполнена песками и заросла древними саксаульниками. Пробившись с трудом на машинах по сыпучим пескам, экспедиция открыла у

Машины экспедиции продвигаются по Западной Гоби.

подножия хребта Нэмэгэту огромное кладбище гигантских ящеров — динозавров. Затем мы проникли горным ущельем на северную сторону хребта, где оказалась еще бо́льшая впадина. Так как она не имела наименования, то мы назвали ее в честь акад. В. А. Обручева, крупнейшего геолога нашей страны, исследователя Центральной Азии (см. стр. 281).

Дно этой впадины местами было гладко, лишено растительности и покрыто равномерным слоем щебня. Для машин это была отличная дорога, по которой можно было мчаться на полной скорости. Тут мы увидели незабываемое зрелище: табуны серых куланов (диких ослов) носились взад и вперед в поисках корма и воды. Здесь же впервые мы встретили диких лошадей. Так называемая лошадь Пржевальского — последняя из всех пород диких лошадей — уцелела только в наиболее отдаленных районах Центральной Азии. Небольшие табуны диких лошадей, очень быстрых и осторожных, встречались нам и в последующие годы дальше к западу, в Заалтайской и Джунгарской Гоби.

На северо-востоке впадины Обручева, в глубокой промоине Ширэгин-Гашун, площадью в несколько сот квадратных километров, оказалось еще новое скопление костей динозавров. Дальнейший путь к востоку, куда протянулись красноцветные песчаники, желтые пески и пурпурные глины — отложения древней азиатской суши, — был прегражден песками. Гигантские барханы — холмы движущегося песка до 120 *м* высоты — зловеще курились вершинами под резким осенним ветром. Нам пришлось круто повернуть на юг в горное ущелье хребта Сэбэрэй, откуда мы вышли на его южный склон и без особых уже затруднений достигли дороги, по которой ехали раньше в Нэмэгэту. Продолжение полосы красноцветных пород мы нашли к северу от аймачного (областного) центра Далан Дзадагад. Там среди невысоких сожженных солнцем холмов находились узкие впадины — котловины — с глинистым дном. Иссохшая и растрескавшаяся глина была тверда, как цемент, но достаточно было бы небольшого дождя, чтобы наши машины оказались пойманными в ловушку, без всякой надежды выбраться из нее, пока глина снова не высохнет и не затвердеет.

В глубине второй к западу котловины экспедиция обнаружила кладбище мелких древних динозавров, с головами, похожими на головы попугаев. Еще дальше на запад, там, где уже начинались пески, в отдельно стоявшей горе Олгой-Улан-Цаб мы нашли скелет самого крупного динозавра — зауропода. Скелет был заключен в твердый песчаник и прикрыт сверху твердыми плитами.

Потом мы повернули на восток. В Восточно-Гобийском аймаке оказалось не менее интересно. Мы нашли скопления окаменелых древесных стволов, отдельные обломки которых достигали 8 *м* высоты и нескольких тонн весом; остатки ископаемых лесов с вертикально стоящими пнями по 3 *м* в поперечнике; скопления костей панцирных динозавров и хищных двуногих ящеров; множество остатков вымерших черепах.

Обрывы, в которых встречаются кости динозавров.

После возвращения первой экспедиции Академия наук СССР решила послать в Монгольскую Народную Республику новую экспедицию, лучше оснащенную технически, с увеличенным составом научного персонала и рабочих. Эта экспедиция проработала два сезона в 1948—1949 гг. Она раскопала кладбище динозавров во впадине Нэмэгэту и отдельные находки первой экспедиции, не тронутые из-за недостатка времени и сил: скопление скелетов панцирных динозавров и гигантский окаменелый ствол дерева в Восточной Гоби; скелеты мелких динозавров и крокодилов в северной части Южной Гоби. Вторая палеонтологическая экспедиция нашла в западной части впадины Нэмэгэту

Утконосый динозавр — самый крупный двуногий динозавр.

Парейазавры *(на переднем плане)* были крупными, величиной с быка, растительноядными пресмыкающимися; их врагом была иностранцевия *(на заднем плане)*.

залегавшие целыми слоями остатки крупных и мелких ископаемых черепах. Панцири черепах были плотно спрессованы друг с другом. Это было удивительное зрелище! Но самую интересную находку мы обнаружили в центре Нэмэгэтинской впадины: в гряде красных глин и белых песков оказались остатки очень древних млекопитающих, живших в эпоху, непосредственно последовавшую за великим вымиранием динозавров. Таких странных зверей никому из нас еще не приходилось видеть. Они имели по внешнему виду признаки самых различных современных животных, например медведя и носорога, саблезубого хищника и травоядного животного. Так впервые в мире в центре Азии были найдены полные скелеты представителей древней группы млекопитающих — д и н о ц е р а т.

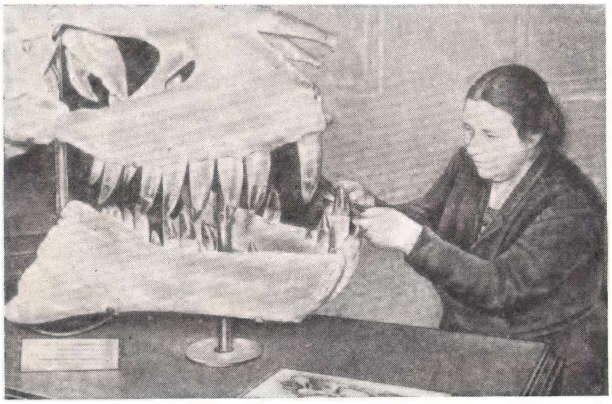
Участники экспедиции производят раскопки в районе Алтан-Ула.

В труднодоступных ущельях горы Алтан-Ула мы обнаружили кости семи скелетов гигантских утконосых динозавров, снесенные древним потоком в одно место. Они залегали буквально грудой, вместе со стволами окаменелых деревьев. При жизни утконосые динозавры ходили на задних лапах и достигали 6—7 *м* высоты. Нам удалось выкопать нигде ранее не встреченных исполинов, достигавших 9—10 *м* роста. Потребовалось много труда, чтобы извлечь эти скелеты из твердых плит песчаника, в который превратились захоронившие их пески. Зато как нас порадовал утконосый динозавр, скелет которого залегал в рыхлых песках у подножия хребта Нэмэгэту, на дне глубокой промоины! Этот скелет теперь украшает вестибюль Палеонтологического музея в Москве. Если вы побываете в этом музее, то обратите на него внимание.

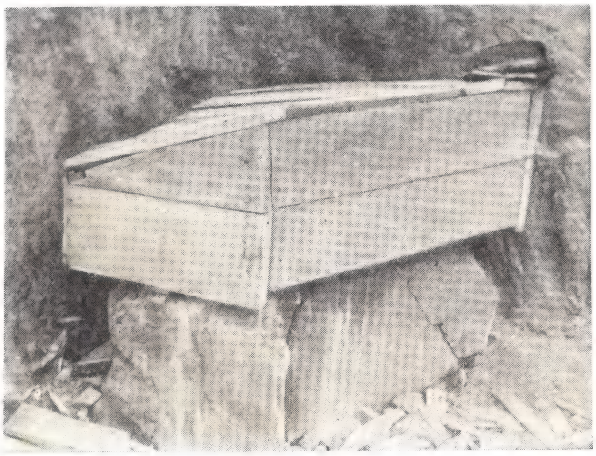
В Восточной Гоби наша экспедиция раскопала русло древней реки, в котором оказалась масса захороненных остатков древних водяных носорогов, гиеноподобных хищников, гигантских свиноподобных зверей, древних парнокопытных — предков современных жвачных животных. Кроме того, здесь найдены кости птиц, в том числе и очень крупных бескрылых хищных птиц, а также скелеты огромных сухопутных черепах, по размерам не уступавших современным слоновым черепахам Галапагосских о-вов. Здесь же (в Эргиль-Обо), но в более древних

Позвоночник утконосого динозавра в породе («Могила дракона»).

Вывозка костей динозавров из ущелья горы Алтан-Ула (Южная Гоби).



Череп крупного хищного динозавра, найденный в Южной Гоби.



Монолит с костями динозавров.

слоях горных пород мы нашли черепа огромных титанотериев — странных носорогообразных животных с тяжелым скелетом и похожим на лопату костным выростом в передней части черепа.

Новые исследовательские маршруты были совершены экспедицией в Заалтайскую Гоби, в «Долину озер», в Западную Гоби, в Бэгер-Нурскую впадину.

В Западной Гоби, в Дзергенской котловине, оказалось огромное кладбище носорогов, мастодонтов, трехпалых лошадей (гиппарионов), жирафов и хищников.

Скелеты животных были буквально нагромождены друг на друга, и больше всего среди них встречалось носорогов.

В районе оз. Орок-Нур мы нашли множество костей мелких млекопитающих, живших около 35—40 млн. лет назад: разнообразных грызунов, похожих на современных хомяков или зайцев; хищников, сходных с современными куницами; насекомоядных, очень похожих на ежей; мелких парнокопытных — предков оленей и антилоп. В других слоях оказались кости мастодонтов и исполинских носорогов — белуджитериев, которые были крупнее, чем самые большие современные слоны.

Как же могли образоваться такие скопления остатков животных?

Когда-то, около 6—10 млн. лет назад, межгорные впадины на обширных степных пространствах, тянувшихся от Каспийского до Желтого моря, населяли бесчисленные животные. Иногда в горах случались сильные, тропического характера, ливни, и могучие потоки внезапно наводняли предгорья. В этих потоках массами гибли наиболее грузные животные, которые не могли спастись от наводнения бегством. Поэтому в кладбищах Дзергенской и Бэгер-Нурской впадин наибольшее количество костей принадлежит вымершим носорогам и мастодонтам.

Теперь уже несомненно, что на месте Центральной Азии в мезозойскую эру находилась не извечная пустыня, окаймленная бесплодными горами, а огромная низменность с богатейшей растительностью. Эта низменность располагалась на побережье моря, и ее окаймляли невысокие, густо поросшие лесами возвышенности. В затопленных лесах, протоках и на низменных берегах обитали бесчисленные ящеры-динозавры, кишели черепахи, водились крокодилы.

Общее поднятие всей Азии в кайнозойскую эру уничтожило благоприятные условия жизни для гигантских ящеров, и они вымерли. На равнинах в степях вдоль подножий горных хреб-

тов размножились и распространились многочисленные и разнообразные млекопитающие. К такому заключению мы пришли на основании всех материалов экспедиции.

Палеонтологические находки потребовали много труда и времени: надо было осторожно извлечь скелеты из горных пород, тщательно упаковать и вывезти их из отдаленных и бездорожных районов гобийской полупустыни. Летом нас мучили сильная жара и постоянный, почти не прекращающийся в пустыне Гоби ветер. Часто не хватало воды. Весной и осенью много неприятностей причиняли песчаные бури, продолжавшиеся по нескольку суток. Нелегко было примениться к резким колебаниям температуры в дневное и ночное время. Но сознание, что наша работа обогатит науку новыми материалами, помогало переносить все невзгоды. За время экспедиции мы научились свободно ориентироваться в гобийских просторах и вести свои машины без помощи проводников через самые разнообразные препятствия.

Много в этих местах было необычного для нас. Так, например, для исследования выходов красноцветных горных пород в Гоби надо было не подниматься вверх, как это мы делали во всех других местах, а, наоборот, спускаться вниз. Объясняется это тем, что выходы костеносных пород — красноцветных песчаников, глин и галечников — в Монголии обычно встречаются в основании высоких горных хребтов, поднятых в виде пьедесталов. Временные потоки от дождей или таяния снегов прорезали в них глубокие промоины, ущелья и овраги, по которым исследователи и проникали в самую их толщу.

После возвращения из экспедиции сразу началась очень трудоемкая работа по препарированию (т. е. освобождению окаменелых костей от облекающей их горной породы) и монтировке скелетов. Скелеты хищных динозавров, скелеты утконосого и двух панцирных динозавров, черепа и скелеты древних млекопитающих — диноцерат, титанотериев, носорогов и др., а также много остатков черепах уже выставлены в Палеонтологическом музее Академии наук СССР в Москве.

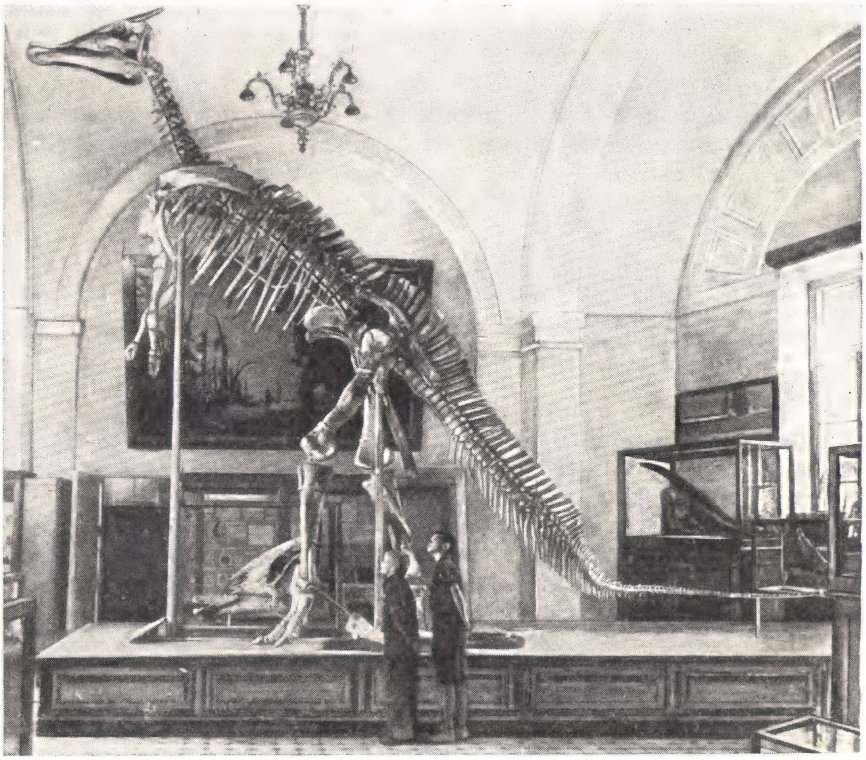
Научной обработке собранных материалов посвящено несколько томов в издании Академии наук СССР.

Работа в пустыне Гоби сплотила всех сотрудников экспедиции: советских людей и представителей дружественного монгольского народа — в единый коллектив, которому не были страшны никакие препятствия и трудности в исследовательской работе.

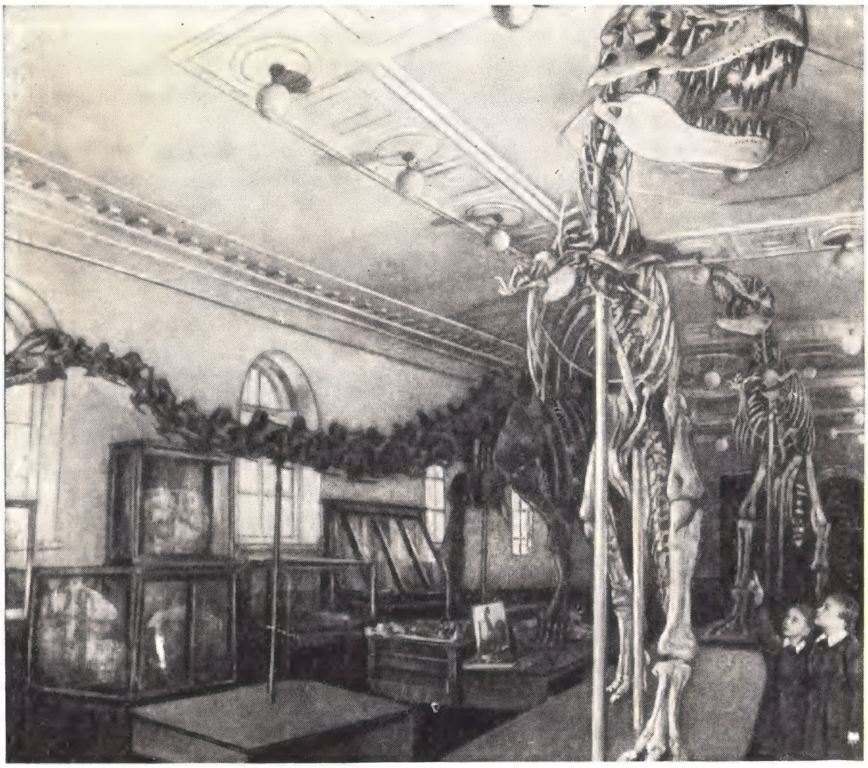
Кочевое население Гоби — араты (скотоводы) всегда охотно помогали нам всем, чем могли.

Постоянную поддержку и внимание оказывали экспедиции государственные организации Монгольской Народной Республики. Все это обеспечило успех нашей палеонтологической экспедиции.

Члены экспедиции организовали палеонтологический отдел Центрального государственного музея в Улан-Баторе, экспонатом которого стал скелет гигантского хищного динозавра.



Скелет утконосого динозавра в Палеонтологическом музее в Москве.



В Палеонтологическом музее Академии наук СССР.

раз на экранах наших кинотеатров, и, может быть, вы видели его.

Монгольская палеонтологическая экспедиция, можно сказать, еще только прикоснулась к ископаемым сокровищам Центральной Азии, и тем не менее ее выводы заставили в корне изменить взгляды ученых на историю древней центральноазиатской суши.

Еще больше научных сокровищ и тайн будет открыто в неисследованных местах великой пустыни Гоби.

Красноцветные отложения древней центральноазиатской суши уходят далеко на юг, в пределы Китая, во Внутреннюю Монголию, к долине р. Хуанхэ, в Эдзин-Гольскую впадину и далее в «Долину бесов» и к предгорьям Тибета.

Исследование этих громадных пространств составит задачу не одного поколения ученых двух великих и дружественных стран — Советского Союза и Китая.

Во время работ экспедиции были сняты кинофильмы, один из которых («На поиски динозавров в Гоби») демонстрировался много

Из истории зарубежной геологии

ПЕРВЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Геология — одна из самых молодых наук, но геологические наблюдения начались еще в древние времена, когда люди стали добывать полезные ископаемые с помощью подземных выработок и проводить глубокие оросительные каналы.

В Древнем Китае в XX—XIX вв. до н. э. начали составлять коллективное сочинение «Сан-Хей-Дин» — «Древние сказания о горах и морях». На протяжении многих столетий в этот труд вносились дополнения, и к 400 г. до н. э. он был закончен. Рукопись этого древнейшего геологического произведения хранится в Пекинской публичной библиотеке.

В другом сочинении — «Гуан Цзы», относящемся к VII в. до н. э., можно прочитать описания правильно подмеченных явлений в жизни земной коры: совместного нахождения ряда минералов, изменения состава рудных месторождений в связи с глубиной недр и др.

В выработках рудников люди наблюдали слоистое строение земной коры. В толщах глин, известняков и других осадочных горных пород им попадались окаменелые раковины. Все это наводило на мысль, что земная поверхность подвергалась в прошлом каким-то большим переменам и продолжает изменяться и преобразовываться.

Еще греческий философ Пифагор, живший в

VI в. до н. э., утверждал, что положение морей не постоянно. В доказательство этого он указывал на находки морских раковин в слоях горных пород вдали от морских берегов. Позднее римский географ Страбон (I в. до н.э.) не только говорил о перемещении морей, но и объяснял это явление медленным поднятием и опусканием суши. «Воды поднимались или опадали,— писал он,— отступали от некоторых местностей и наводняли другие... Одна и та же местность иногда поднимается, а иногда оседает, а потому и море одновременно то затопляет землю, то снова возвращается в свое ложе».

В средние века идеи об изменчивости земной поверхности были забыты. Под влиянием церкви университетские ученые стали объяснять геологические явления так, чтобы не противоречить библейским легендам о «сотворении мира» и «всемирном потопе». Учили, что Земля всегда оставалась такой, какой была «создана богом».

ДОГАДКИ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

С XII в. передовые люди стали изучать природу путем наблюдения ее явлений. Одним из таких провозвестников новой науки был известный итальянский художник и инженер Леонардо да Винчи (1452—1519). Это был человек необыкновенной трудоспособности, отличавшийся разносторонними знаниями. На службе у миланского герцога Леонардо писал картины, отливал статуи, руководил архитектурной мастерской, строил крепости и проводил каналы для осушения болот в окрестностях Милана.

Во время работ, связанных с проведением каналов, он не раз встречал окаменелые раковины и другие остатки животных организмов.

Ученые средневековья давали самые нелепые объяснения происхождению окаменелых раковин: одни считали, что раковины принадлежали погибшим моллюскам, которые будто бы расползлись из морей во время «всемирного потопа» и остались на суше, когда море возвратилось в свои берега; другие уверяли, что они образовались в земных пластах под воздействием небесных светил.

Но Леонардо не признавал этих объяснений. Находки раковин на суше, по его мнению, доказывали, что на месте суши когда-то было море.

Леонардо да Винчи.

«Что некогда было морским дном,— отметил он в одной из своих записных книжек,— сделалось вершиной гор; об этом достаточно свидетельствуют раковины, устрицы и кораллы, живущие в море и находимые теперь на вершинах гор».

Высказывать такие мысли в Италии в то время, когда церковники имели большое влияние, было небезопасно. Только заступничество миланского герцога спасло художника от тюрьмы.

Наблюдая природу, Леонардо видел, как ручьи и дождевые потоки размывают сушу, как они уносят в своем течении ил, песок и щебень. На основе этих наблюдений он оценил значение текучих вод для образования горных пород.

«Вода — возница природы,— писал художник и ученый,— и она ведет дело так: прорывает изрыхленную дождевыми потоками почву, при первом порыве уносит крупные камни, затем более мелкие камни, у которых она стачивает края, катая их, затем крупный песок, наконец к морю приносит мелкий песок и ил». Леонардо уже знал, что земная поверхность подвержена постоянным изменениям под действием сил природы.

ПЕРВЫЕ ИСТОРИКИ ЗЕМЛИ

Первым историком Земли считают Плиния Старшего (ок. 23—79), который написал 37 томов «Естественной истории». Из них 4 тома посвящены геологии и минералогии.

После долгого застоя в науке в средневековье датчанин Стено (1638—1687) был первым, кто попытался разгадать тайну происхождения земных пластов и гор. В молодости он получил ученую степень доктора медицины и сделал несколько важных открытий в анатомии человека. Долгое время Стено работал врачом у тосканского герцога в Италии. Здесь он заинтересовался строением земных пластов.

Свои наблюдения над земной корой Стено изложил в книге «О твердых произведениях Земли». В ней он доказывал, что слоистые горные породы Италии отложились на дне моря, когда-то покрывавшего эту страну, что наклоненные пласты, слагающие Апеннинские горы, также сперва залегали горизонтально и только впоследствии были приподняты и наклонены внутренними силами Земли. Такими внутренними силами он считал напор лавы, паров и газов, поднимающихся при извержении вулканов.

Сравнивая зубы и кости пойманной в Средиземном море акулы с ископаемыми окаменелостями, извлеченными из пластов горных пород, Стено находил между ними большое сходство. Это подтверждало его предположение, что на месте суши некогда было море. Стено отличал уже осадочные горные породы, образовавшиеся на дне морей, от застывших каменных масс, бывших когда-то расплавленными.

Сочинения Стено не помешали появлению новых книг, в которых приводились самые нелепые объяснения геологических явлений. Только накопление геологических наблюдений могло опровергнуть эти ложные мнения.

Учение Стено стало популярно в Италии, особенно после того, как в 1707 г. в Эгейском море в группе вулканов Санторин поднялись новые вулканические острова. Оно господствовало до 1770 г., когда было временно забыто под влиянием новых, менее правильных воззрений.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Уже в первой половине XVIII в. пробудился большой интерес к геологическим наблюдениям в связи с развитием промышленности, нуждавшейся в рудах. Сельские учителя, землемеры, врачи собирали образцы горных пород и окаменелости, зарисовывали выходы земных пластов и накопили материал для выводов о происхождении пластов земной коры.

Как образовались отложения глин, песка, пласты песчаника и известняка, было понятно. Слоистость и находки раковин неоспоримо доказывали осадочное происхождение этих горных пород.

Процесс накопления подобных осадков можно и в наше время наблюдать в устьях рек и в прибрежной зоне морского дна.

Но массивные горные породы, как например темный тяжелый базальт, представляли неразрешимую загадку для наблюдателей. Ее случайно разгадал француз Н. Демаре (1725—1815), когда впервые производил геологическую съемку во Франции. Однажды он встретил застывший лавовый поток, по краям переходивший в свойственные базальту столбчатые формы. Для него стало очевидным, что плотные темные базальты на Земле представляют собой не что иное, как древние лавовые потоки, связь которых с кратерами вулканов уничтожена разрушительной работой воздуха, воды и других факторов.

Изучая следы былой вулканической деятельности Земли в области потухших вулканов Оверни, он нашел свежие потоки лавы с шероховатой, еще не сглаженной поверхностью. Другие, более древние лавовые потоки были размыты и расчленены, и только часть их осталась на

вершинах возвышенностей и холмов. Наконец, он встречал выходы базальта, не только потерявшие связь с кратерами вулканов, но и успевшие покрыться мощными слоями осадочных отложений. Это последнее открытие показало Демаре, как изменяется поверхность Земли под действием ветра, текучих вод и колебаний температуры.

Исследуя горные местности, ученые пытались открыть тайну происхождения гор. В ущельях и долинах они видели, что возвышенности образованы складками земных пластов, измятых мощными силами природы. По-видимому, пласты горных пород, залегавшие сперва горизонтально, как они отложились на дне древних морей, впоследствии были приподняты и смяты. Верхние части складок разрушились, а оставшиеся наклонные пласты позволяют представить себе их первоначальную форму. Поднятие наклонных пластов над уровнем равнины можно было объяснить только действием внутренних вулканических сил.

В Германии геологи сделали попытку, руководствуясь составом горных пород, подразделить осадочные слои с разными признаками на формации. Так, например, они выделили в толще горных пород каменноугольную формацию, содержащую пласты каменного угля, формацию раковинного известняка и др.

В одних формациях содержались раковины только пресноводных животных, в других — морских моллюсков.

В то время как в Западной Европе производились эти геологические исследования, в России заложил основу современной геологии великий русский ученый М. В. Ломоносов (1711—1765) своим трудом «О слоях земных». В этой работе он обобщил все известные тогда геологические сведения и высказал идеи, на много лет опередившие его время (см. стр. 255).

Он утверждал, что изменения земной поверхности производились теми же силами природы, которые действуют и в наше время, связал образование гор с действием внутренних, а разрушение их — с действием внешних сил: с размывающей работой дождей, рек, морских волн и т. д.

При этом Ломоносов особенно подчеркивал роль вулканических сил в образовании земной коры.

БОРЬБА НЕПТУНИСТОВ И ПЛУТОНИСТОВ

Во второй половине XVIII в. накопилось значительное количество геологических наблюдений, но геология в Западной Европе еще не отделилась от минералогии в самостоятельную науку, как это произошло уже в России благодаря трудам М. В. Ломоносова. Только в конце века немецкий (саксонский) минералог Абраам Готлиб Вернер (1750—1817) занялся специальным изучением горных пород и условий их залегания и стал читать во Фрейбергской горной академии курс геологии, привлекавший многочисленных слушателей.

Однако, объясняя происхождение горных пород земной коры, Вернер сделал большую ошибку: он утверждал, будто бы не только песчаники, известняки и сланцы, но также гранит, базальт и подобные им породы образовались из осадков на дне океана.

Он учил, что из «хаотической жидкости», будто бы покрывавшей когда-то весь земной шар, сперва осели химические осадки, образовавшие «первичные» отложения — массивы гранита, гнейса, сиенита и других кристаллических пород. Над этими «осадками» якобы залегли слои «переходной формации», среди которых уже появились и обломочные горные породы.

Чтобы могли образоваться осадочные отложения, должна была уже существовать суша. Поэтому он предполагал, что уровень вод «всемирного океана» к тому времени понизился и обнажилась часть его дна.

Над первичными породами, как считал Вернер, залегают вторичные слоистые горные породы — песчаники, известняки, каменная соль, каменный уголь и др., среди которых очень много ископаемых остатков вымерших организмов.

Наконец, самыми верхними были «наносы» щебня, песка и глины.

Однако Вернер не мог отрицать существования застывших вулканических лав, но утверждал, что вулканических пород очень мало и они

не играли важной роли в образовании земной коры. Извержение вулканов он связывал с подземными пожарами — горением каменного угля.

Установив формации по отложениям горных пород в Саксонии, Вернер не допускал мысли, чтобы где-нибудь они залегали иначе. Такой порядок отложения пород, по его мнению, должен был быть всюду на поверхности Земли, и его ученики старались отыскать «формации» своего учителя во всех странах.

Однажды во время экскурсии в окрестностях Дрездена Вернер нашел на вершине горы пластообразный «купол» темного массивного базальта, который подстилался пластами слоистых пород. Это явление уже нельзя было объяснить с точки зрения его теории. И все же Вернер упорно утверждал, что «базальт, глина и песок — все принадлежат к одной формации, все произошли путем мокрого осаждения из когда-то бывшего в этих местах водного покрова... Все базальты — водного происхождения и относятся к числу очень молодых формаций».

Готлиб Вернер.

Последователи Вернера, прозванные «нептунистами»[1], упорно защищали теорию своего любимого учителя и везде искали доказательств водного происхождения кристаллических пород.

Благодаря авторитету Вернера его ошибочная теория осадочного происхождения кристаллических горных пород была принята учеными и надолго затормозила развитие науки о Земле. В частности, были преданы забвению правильные идеи Стено о происхождении гор под влиянием внутренних сил. В истории развития геологических знаний влияние Вернера было скорее вредным, чем полезным.

В то время как Вернер упорно защищал свою теорию, в Шотландии пытался разобраться в строении земной коры еще никому не известный Джемс Геттон (1726—1797). Он не был геологом и в молодости изучал медицину в Лейдене и Париже. Однако профессия врача не понравилась ему, и Геттон занялся химией.

Изучая применение химии в сельском хозяйстве, он поселился на ферме недалеко от Эдинбурга.

Геттон любил совершать экскурсии по окрестным полям и горам. Все с бóльшим интересом он стал наблюдать обнажения массивов и пластов горных пород. Геология настолько увлекла Геттона, что, не довольствуясь окрестностями Эдинбурга, он объездил всю Англию и Северную Францию. В этих странах он видел темные плотные базальты, не похожие на известняки и слоистые песчаники, и, естественно, предположил, что они произошли иначе, чем осадочные горные породы. При этом Геттон отметил, что известняк в месте соприкосновения с базальтом меняет свой обычный вид и становится похожим на мрамор. Чтобы объяснить это явление, он предположил, что базальт был когда-то расплавленной лавой, а поэтому соприкасающиеся с ним породы изменили свой вид под влиянием высокой температуры.

Развивая свою гипотезу, Геттон предположил, что и гранит также произошел от застывания расплавленной магмы. Доказать это можно было, только найдя в природе осадочные породы, измененные в месте соприкосновения с гранитом так же, как и при соприкосновении с базальтом. И вот Геттон предпринял поездку в горы, где долго ходил по ущельям гор, пока не нашел жилу гранита, пересекавшую толщу известняка. Изучая горные породы вблизи выхода гранита, он убедился, что в местах соприкосновения с гранитом известняк стал мраморовидным.

Так Геттон доказал, что не только базальт, но и гранит и другие массивно-кристаллические горные породы произошли из застывших минеральных расплавов.

Между сторонниками теории происхождения горных пород из осадков — нептунистами и учеными, признававшими огненное происхождение массивных кристаллических горных пород, — плутонистами началась упорная борьба, закончившаяся только в первой половине XIX в.

Русские ученые не принимали большого участия в этом споре, так как в России еще со времен М. В. Ломоносова установился правильный взгляд на роль вулканических явлений в образовании земной коры.

---

[1] Нептунисты — от имени Нептуна, бога моря в мифах древних римлян; плутонисты — от имени Плутона, бога подземного царства.

УСТАНОВЛЕНИЕ «ВОЗРАСТА» ГОРНЫХ ПОРОД

Если нормальное (горизонтальное) залегание пластов не нарушено, то в каждой данной местности легко можно определить относительный возраст пластов: чем глубже залегает пласт горной породы, тем он древнее. Покрывающие пласты всегда моложе тех, которые их подстилают.

Но если нужно сравнить возраст горных пород, залегающих в местностях, удаленных друг от друга, то эта задача становится очень трудной: в различных местностях сходные по составу горные породы могут залегать в разной последовательности; поэтому одинаковые горные породы из двух геологических разрезов могут иметь разный возраст.

Геологи долго не могли решить эту задачу, пока английский землемер Вильям Смит (1769—1839) не нашел способ определять относительный возраст горных пород.

В. Смит 20 лет проводил каналы и строил шоссейные дороги в различных частях Англии. В выемках дорог и каналов, в пластах песчаника, сланцев и глин он много раз находил раковины и другие окаменевшие остатки животных. Смит отметил, что в различных, удаленных одна от другой местностях встречаются пласты с одинаковыми окаменелостями. В то же время в одной и той же местности, в слоях, лежащих на различной глубине, он находил непохожие друг на друга ископаемые остатки организмов.

Вильям Смит.

После долгого изучения этих находок ему удалось установить, что некоторые окаменелости встречаются только в определенной группе пластов. Следовательно, они характеризуют собой время их отложения.

В своей книге о значении окаменелостей для определения относительного возраста отложений горных пород Смит писал: «Все пласты последовательно осаждались на дне моря, и каждый из них содержит в себе остатки организмов, которые жили во время его образования; в каждом пласте наблюдаются свои собственные окаменелости, и по ним-то в известных случаях можно установить одновременность образования пород различных местностей».

Так возникла историческая геология, т. е. наука о прошлой жизни Земли.

Но Смит не был биологом. Для него все окаменелости были только этикетками, которые позволяли установить относительный возраст пластов горных пород. Поэтому он не мог заложить основы науки об ископаемых животных организмах — палеонтологии.

НАЧАЛО НАУКИ О ВЫМЕРШИХ ЖИВОТНЫХ

Заинтересовавшись остатками животных, встречающимися в земных слоях, французский ученый Жорж Кювье (1769—1832) стал собирать окаменелые кости в каменоломнях окрестностей Парижа, где добывали гипс.

Среди костей Кювье нашел зубы каких-то ископаемых толстокожих. По форме зубов он установил, что они относятся к различным видам. У одного животного верхние коренные зубы были четырехугольные с выдающимся гребнем, а нижние имели форму двойного полумесяца; в каждой челюсти было по шести резцов и длинному клыку с каждой стороны. Короткие носовые кости доказывали, что у этого жи-

вотного, как и у современных нам тапиров, морда заканчивалась коротким хоботом. Это животное Кювье назвал палеотерием.

Другое толстокожее имело непрерывный ряд зубов без промежутков, как это бывает у человека. В каждой челюсти у него сидело по шести резцов и по одному короткому клыку с каждой стороны. Голова этого толстокожего, названного Кювье аноплотерием, была продолговатой формы, без хобота.

Так по остаткам зубов Кювье узнал о существовании двух видов ископаемых толстокожих. По форме зубов он установил, какова должна быть и форма черепа у каждого из них; затем по нескольким обломкам костей Кювье определил, что у одного из животных — палеотерия — ноги имели по три пальца. Конечности с двумя пальцами, как думал Кювье, принадлежали аноплотерию.

Жорж Кювье.

Теперь, когда были восстановлены черепа и конечности, осталось дать каждому из толстокожих спинной хребет с ребрами, и скелеты были готовы.

Великолепное знание анатомии существующих животных помогло Кювье правильно соединять разрозненные, перепутанные части разных скелетов ископаемых, давно вымерших животных.

В окрестностях Парижа он нашел семь разных видов палеотерия. Один был величиной с лошадь; три других — не крупнее свиньи и различались между собой лишь формой ступни; наконец, один вид не превосходил по размерам зайца, а по форме тела это животное было похоже на лошадь и носорога одновременно.

Аноплотериев также оказалось несколько видов: одни величиной с осла, другие — размеров свиньи, а самый маленький — не больше кролика.

Вместе с этими вымершими животными Кювье нашел множество каких-то неизвестных грызунов, не существующих в наше время птиц и летучих мышей, сумчатого волка, лисицу, сильно отличающуюся от современной.

Маленькая сумчатая мышь доставила новый блестящий успех учению Кювье о закономерностях, связывающих форму и размеры костей.

Из одной каменоломни был доставлен в музей кусок породы, в котором торчала передняя часть маленького скелета какого-то ископаемого зверька. По зубам и немногим косточкам, не освобождая скелета из породы, Кювье определил, что это — сумчатая мышь, и предсказал, какие кости заключены в куске камня.

Затем в присутствии своих недоверчивых противников с большими предосторожностями он извлек эти скрытые в породе части скелета, и среди них действительно оказалась косточка, служившая для поддержания сумки этой мыши.

Найденные Кювье кости палеотерия и живших одновременно с ним животных, очевидно, попали в озеро и были на дне занесены илом, постепенно окаменевшим и сохранившим их до наших дней.

Но почему же в вышележащих слоях не было их костей? Разве эти животные не оставили потомства?

Вот вопрос, который встал перед Кювье, когда в слоях, покрывающих пласты с костями палеотерия, он нашел осадки с костями морских животных.

Он объяснял это внезапным затоплением страны морем, которое погубило всех толстокожих млекопитающих, живших когда-то среди тропической растительности, на месте современного Парижа.

Кювье думал, что подобные катастрофы были причиной всех изменений земной поверхности.

Последствия катастроф Кювье видел в изогнутых, наклоненных и изломанных пластах горных пород, в раковинах, находимых среди пластов на вершинах гор, что свидетельствовало о поднятии и опускании наших континентов, о полной, как он думал, смене животных одной эпохи другими, без всякого перехода.

«Предположим, — говорил Кювье, — что большое вторжение моря покроет массой песка или иных обломков материк Новой Голландии [1], оно погребет там трупы кенгуру, вомбатов, сумчатых куниц, сумчатых барсуков, летяг, ехидн и утконосов и совершенно уничтожит виды всех этих родов, так как ни один из них не существует в других странах.

Представьте себе, что этот самый переворот превратит в сушу многочисленные маленькие

[1] Так называли тогда Австралию.

проливы, отделяющие Новую Голландию от Азии, и откроет дорогу слонам, носорогам, буйволам, верблюдам, тиграм и всем другим азиатским животным, которые и населят страну, где раньше они не были известны.

Предположим, что натуралист, хорошо изучивший всю эту живую природу, вздумает произвести раскопки той почвы, на которой он живет,— он найдет в ней остатки совершенно новых существ.

... Допустим, что после появления азиатских животных в Новой Голландии произошел новый переворот, уничтоживший Азию, их первоначальное отечество. В этом случае было бы так же трудно узнать, откуда они произошли, как и нам узнать происхождение наших форм».

Современных животных Европы и Азии Кювье считал поселившимися на этом материке после катастрофы «всемирного потопа», о котором рассказывается в библии. Этот последний переворот, как он думал, произошел несколько тысяч лет назад.

Доказывая правильность своих взглядов, Кювье говорил о находках в Сибири трупов замерзших крупных толстокожих, сохранившихся до наших дней с кожей, шерстью и мясом. По его мнению, они не могли жить в холодной стране и погибли во время внезапного похолодания, убившего их и одновременно образовавшего слои мерзлоты.

Кювье не брался определять причины вторжения моря на сушу, так как тогда еще не были достаточно изучены отложения морских осадков. Поэтому он считал чрезвычайно важным для дальнейшего развития наших знаний о Земле изучение слоев третичного периода и заключающихся в них окаменелостей в не изученных им частях Франции, Германии и Италии. Кювье был убежден в неизменяемости видов животных.

Он не мог представить себе развитие их от мягкотелого обитателя древнейших морей до первой рыбы, от рыбы до пресмыкающегося, населившего сушу, и от пресмыкающегося до победителя природы — человека. В то время еще не были найдены остатки переходных форм от одних видов животных к другим.

Поэтому Кювье считал, что современные животные не могут быть потомками ископаемых, которых он так искусно восстанавливал по костям. Он говорил, что «все они принадлежат миру, предшествовавшему нашему, существам, погибшим от каких-то революций на Земле».

Несмотря на ошибочные выводы Кювье о постоянстве видов и катастрофах, будто бы бывших причиной смены фауны, современная наука об ископаемых в своем развитии опиралась на наблюдения Кювье. Его книга «Исследования об ископаемых костях» и в наше время используется палеонтологами. Кювье считается основателем палеонтологии позвоночных.

БОРЬБА С КАТАСТРОФИСТАМИ

Геологи первой четверти XIX в. еще не представляли себе громадных периодов времени, в течение которых формировалась земная кора. Изучая следы деятельности сил природы в геологическом прошлом, они часто приписывали одному извержению наслоение вулканических продуктов, отложившихся в течение миллионов лет. Такие же ошибки они делали, исследуя другие геологические явления.

Одни из этих геологов — сторонников теории катастроф — приписывали перевороты на поверхности Земли вулканическим извержениям, другие — потопам, третьи — разрушительным землетрясениям.

Самым ярым сторонником теории катастроф был ученик Вернера геолог Леопольд фон Бух (1774—1853). В первый период своей деятельности он с увлечением искал подтверждения теории своего учителя в других странах и для этого предпринял путешествие в Альпы, на Канарские о-ва и в Италию. В окрестностях Везувия, в области потухших вулканов Канарских о-вов он сразу же натолкнулся на обилие вулканических горных пород, что не согласовывалось с теорией Вернера, по которой все горные породы будто бы произошли путем осаждения на дне океана.

В те времена геологи объясняли вулканические явления подземными пожарами залежей каменного угля, поэтому Леопольд фон Бух искал залежи угля и в районе Везувия. Ведь извержение этого вулкана нужно было, по Вернеру, объяснить подземным пожаром. Но никаких угольных залежей он не нашел. И, наконец,

в Центральной Франции фон Бух увидел потухшие вулканы, образовавшиеся непосредственно на граните, где, конечно, не могло быть никаких залежей каменного угля.

Тогда из поклонника идей Вернера он стал ярым противником их и с жаром начал развивать идеи вулканистов. В своих выводах он превзошел самых крайних, самых увлекающихся из них.

По мнению Леопольда фон Буха, в эпоху вулканических катастроф поднимались бесчисленные вулканы, изливавшие огромное количество лавы. Расплавленные каменные массы, внедрявшиеся в слои земли, сминали осадочные породы; моря затопляли сушу, прорывая долины и нагромождая обломки скал и камни.

Горная система Альп, как предполагал Леопольд фон Бух, обязана своим происхождением огромному расколу в земной коре, из которого излились жидкие массы, застывшие в виде порфиров и смявшие в складки толщи осадочных пород.

Современную деятельность вулканических сил Леопольд фон Бух считал незначительной по сравнению с эпохами горообразования, когда, по его мнению, вулканические силы в короткие промежутки времени чуть ли не мгновенно поднимали целые горные хребты.

Леопольд фон Бух считал, что горообразование происходило так быстро, что со склонов поднимающихся Альп мчались бешеные потоки воды, унося в своем течении огромные валуны, лежащие в наше время на склонах Юрских гор и в предгорьях Альп. В действительности эти камни вынесены туда громадными ледниками, существовавшими в области Альп в ледниковую эпоху.

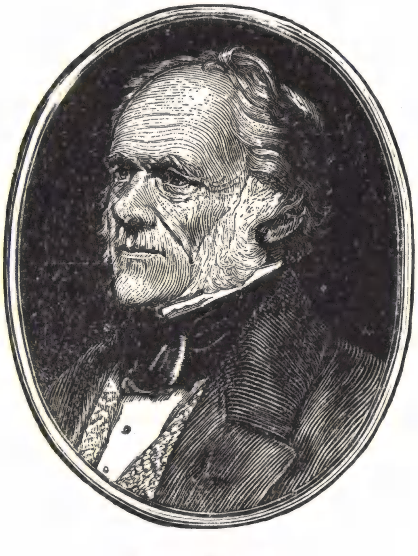
Между периодами такой интенсивной вулканической деятельности наступали периоды покоя, один из них — наша эпоха.

Однако уже в первой половине XIX в. возникла идея, что все перемены на земной поверхности произведены не какими-то катастрофами, а теми же геологическими силами, которые действуют и в настоящее время.

Еще М. В. Ломоносов впервые высказал эту мысль (см. стр. 256), но в те времена она не была принята учеными; в 30-х же годах XIX в. английский геолог Чарлз Лайель (1797—1875) положил ее в основу своих исследований.

Лайель тщательно и настойчиво изучал действие прибоя морских волн и течения рек. Он считал, что, поняв действие этих сил в настоящем, можно объяснить геологические явления в прошлом. Но для этого нужно было длительное, тщательное изучение их и оценка размеров производимых ими изменений в земной коре.

Лайель не создавал при этом скороспелых теорий и не стремился немедленно объяснить все геологические явления своей гипотезой.



Чарлз Лайель.

Как наблюдатель он проявлял громадное упорство, чтобы разобраться в геологических явлениях, какие бы затруднения ни встречались при этом.

В 1828 г. Лайель написал свой труд «Основы геологии», давший новое направление науке о Земле. Однако, работая над этой книгой, он увидел, что многое ему самому еще не ясно, и предпринял новое путешествие во Францию и Италию. Лайель пытался найти в третичных отложениях переходные формы животных, чтобы доказать, что по крайней мере в течение этого периода не было «катастроф». С этой целью он поехал в Апеннинские горы. Там в третичных отложениях он нашел слои, содержащие раковины не только вымерших, но также и современных моллюсков. В нижних слоях заключались только вымершие формы. В средних были и вымершие и современные. Наконец, в верхних он нашел больше современных, чем вымерших. Теперь Лайель уже мог доказать свое предположение о постепенной смене форм живых существ в течение третичного периода.

Исследуя отложения в окрестностях вулкана Этна, Лайель установил, что мощность наслоений вулканического пепла, отложившегося в историческую эпоху существования человека, очень невелика. Между тем наслоения того же пепла громадной мощности залегали на слоях третичного периода.

Отсюда Лайель заключил, что промежуток времени, отделяющий нас от эпохи образования третичных осадков, залегающих под мощными наслоениями пепла, очень велик.

Это заключение он сделал, исходя из своего предположения, что интенсивность (напряженность) действия вулкана Этна и в далеком прошлом была такой же, как и в наше время.

Возвратившись из Италии, Лайель уже окончательно пришел к выводу, что «с древнейших времен до наших дней не действовали никакие другие причины, кроме тех, которые ныне действуют, и что действие их всегда проявлялось с той же энергией, какую они проявляют ныне».

В жизни Земли были эпохи то более, то менее напряженного проявления вулканической деятельности, очень мощного развития ледников и т. д. Однако в общем наблюдается непрерывное развитие земной коры. Особенно ярко это постоянное изменение выражается в эволюции органического мира, в результате которой появляются все новые и новые формы жизни.

Тщательно изучая давно известные явления — разрушение горных пород выветриванием и размыванием, перенос и отложение каменного материала водой и льдом, Лайель определил, какая громадная работа совершается этими силами природы. Он убедительно доказал, что отложения древних периодов образовались под действием тех же геологических сил и нет надобности объяснять изменения Земли катастрофами.

Опубликование книги Лайеля произвело переполох среди ученых: молодые геологи и инженеры перешли на его сторону. Геологи же старого поколения не соглашались с ним, не желая признать, что молодой их ученик, еще вчера только «подававший надежды», становится их учителем в науке о Земле. Но через несколько лет и им пришлось сдаться.

В конце жизни Лайель, не терявший трудоспособности, увлекся совершенно новым для геологов вопросом — о появлении человека на Земле.

Было давно известно, что вместе с костями мамонтов встречались какие-то странные, как будто искусственно оббитые, куски кремня. Высказывалась мысль, что эти куски камня представляют собой каменные топоры доисторических людей. Но ученые профессора и члены академий смеялись над этими «нелепыми» предположениями. Некоторые геологи, и в числе их Лайель, обратили внимание на эти находки.

Лайель объездил Францию, Германию, Италию в поисках следов древнего человека и написал о результатах своих исследований нашумевшую книгу «Геологические доказательства древности человека».

ДРЕВНЕЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ

Лайель не признавал существования в прошлом катастроф, которые резко изменяли бы земную поверхность. Однако еще при его жизни было доказано, что известные нам силы природы могли действовать в прошлые эпохи с большей интенсивностью и в более широком масштабе, чем в наше время.

Горные ледники занимают небольшую часть земной поверхности. Поэтому Лайель не придавал большого значения деятельности ледников. Но в геологическом прошлом они сыграли видную роль в изменении поверхности северной части Европы, Азии и Северной Америки.

Исследователи альпийских ледников утверждали, что в прошлом горные ледники спускались гораздо ниже и покрывали бóльшие пространства, оставив след своего былого распространения в виде каменных валов и крупных валунов.

Один из швейцарских геологов — Агассис (1807—1873) — в конце первой половины прошлого века предпринял путешествие в Шотландию. Там он, так же как в приальпийских странах, нашел обильные следы пребывания древних ледников — валы морены, валуны и покровы из неслоистой глины, смешанной с камнями.

Эти наносы многие геологи первой половины XIX в. считали отложенными водами «всемирного потопа». Но Агассис видел их сходство с современными отложениями ледников и окончательно убедился в том, что в сравнительно недавнем прошлом ледники занимали гораздо большее место, чем в наше время.

Лайель, не имевший случая наблюдать жизнь ледников, не соглашался с швейцарскими геологами, объясняя находки валунов тем, что эти камни были занесены айсбергами, плававшими по древним морям. Ему и его сторонникам казалось, что предположение о ледниках, покрывавших когда-то ныне цветущие страны, есть возврат к теории катастроф.

Однако убедительность фактов, на которые указывал Агассис, была такова, что геологи были вынуждены признать существование в недавнем геологическом прошлом ледниковой эпохи, когда весь северо-восток Европы, север Азии и Северной Америки находились, вероятно, под сплошным льдом.

Видную роль в изучении ледниковой эпохи сыграл в прошлом веке путешественник и географ Петр Алексеевич Кропоткин (1842—1921).

Еще в 60-х годах прошлого века Кропоткин совершил несколько путешествий по Сибири. На высоком Патомском плоскогорье он встречал множество валунов. Так как ему не удалось найти там следов прежнего моря, то молодой Кропоткин самостоятельно пришел к мысли, что эти валуны были отложены древними ледниками.

Этот вывод Кропоткина, опубликованный еще в 1867 г., не встретил сочувствия среди русских геологов, которые придерживались мнения Лайеля о происхождении подобных валунов.

Но Кропоткин продолжал защищать свои взгляды. Вернувшись из Сибири, он написал большую работу «Исследование о ледниковом периоде». Этот труд был опубликован его братом в 1876 г., так как сам П. А. Кропоткин за участие в революционном движении был в это время заключен в Петропавловскую крепость.

Исследования Кропоткина о древнем оледенении возбудили интерес в Швеции. Один из шведских геологов — Торрель, изучив ледниковые отложения в Германии, развил идеи Кропоткина о древнем оледенении севера Европы. Дальнейшее изучение следов оледенения полностью подтвердило выводы молодого русского ученого.

ГИПОТЕЗЫ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ГОР

Трудолюбивые исследователи Земли накопили к последней четверти прошлого века огромное количество материалов. На основании собранных ими фактов можно было говорить о возникновении на дне бывших морей и океанов горных хребтов, о равнинах, расстилающихся на месте разрушенных и сглаженных гор, о поднятиях и опусканиях целых материков и о ледяных покровах толщиной в несколько сот метров, занимавших огромные пространства, покрытые в наше время зелеными лесами.

В этих картинах было немало противоречий. Нужны были настойчивость и способность к упорному, многолетнему, систематическому труду, чтобы из этих разноцветных мазков создать стройную картину «лика» Земли и его изменений в течение прошлых геологических периодов.

Эту работу сделал венский геолог Эдуард Зюсс (1831—1914), обработав и обобщив большинство наблюдений, известных в его время.

Геологи в первой половине XIX в. считали, что горные хребты приподнимаются давлением снизу расплавленной магмы на горизонтальные слои осадочных горных пород. Магма прорывалась наружу между разорванными пластами, застывая в виде гребней кристаллических пород.

Представляя себе так процесс образования горных хребтов, геологи были уверены, что по обе стороны гребня должны залегать симметрично расположенные пласты одинаковых горных пород.

Поехав в Альпы, Зюсс несколько недель изучал их склоны и убедился в ложности общепринятой теории симметричного расположения горных пород по обе стороны кристаллического гребня гор. Пользуясь наблюдениями, сделанными в Альпах, Зюсс написал небольшую книгу «Происхождение Альп» (1875). В ней он доказывал, что строение гор несимметрично и они не могли образоваться вследствие поднятия земной коры вулканическими силами.

Несимметричность складок горных хребтов свидетельствовала о горизонтальном, боковом давлении, сминавшем пласты земли.

Зюсс отметил также, что молодые Альпийские горы и продолжение их — Карпаты — огибают более древние Богемские горы и что массив Альп передвинут также на много миль к северу.

Все эти наблюдения привели Зюсса к выводу, что подобные горные хребты возникли вследствие горизонтального давления, сминавшего земную кору в складки, подобно сукну, сдвигаемому на столе руками. Этот ученый не придавал почти никакого значения вулканам в происхождении гор.

Затем Зюсс приступил к созданию знаменитого труда «Лик Земли», в котором были обобщены все геологические знания конца XIX в.

Особое внимание Зюсса привлекали перемещения морей и океанов, неоднократно затоплявших огромные пространства суши.

Сравнивая и сопоставляя различные данные о строении современных материков, Зюсс доказывал, что они не что иное, как обломки более древних грандиозных континентов.

Так, бóльшая часть Южной Америки и Южной Африки, Аравия и Индостан представляют собой, по мнению Зюсса, лишь обломки древнего большого континента — «Гондваны», значительные участки которой находятся в настоящее время на дне Атлантического и Индийского океанов.

В Северном полушарии бóльшая часть другого огромного древнего континента — земли «Лавренция» — также опустилась под воды Атлантического океана, и только крупные осколки его образовали Северную Америку, часть Шотландии и Гебридские о-ва.

Наконец, Зюсс выделил огромное «азиатское сооружение», включающее в себя современную Азию (кроме Аравии и Индостана), Европу и Северную Африку. Это грандиозное «сооружение» образовалось вокруг Ангарского массива, занимавшего область Прибайкалья. Этому массиву Зюсс дал название «древнее темя Азии». К нему примыкали возникавшие позже горные цепи. Наконец, самое позднее поднятие образовало гирлянды островов у восточных берегов Азии и горные цепи на юге, проникающие далеко на запад через Кавказ и Балканы до берегов Атлантического океана.

Австралия с примыкающими к ней островами Тихого океана также была выделена Зюссом в отдельную геологическую единицу. В ней центральное ядро составляет материк Австралия, окруженный поднимающимися со дна океана концентрическими цепями гор, вершины которых образуют острова.

Причиной поднятия и опускания континентов Зюсс считал сжатие Земли, при котором земная кора должна приспособляться и укладываться на уменьшающейся поверхности земного шара, причем неизбежно образуются складки, разломы и сдвиги пластов горных пород. Гипотеза сжатия, или контракционная («контракция» значит «сжатие»), была принята всеми геологами конца прошлого века.

По этой гипотезе, в процессе складкообразования некоторые части земной коры уплотнились и образовали древние платформы. В настоящее время они превратились в обширные равнины. Уровень платформы не оставался постоянным. Платформы медленно колебались, и понижавшиеся их части временно покрывались водами древних морей.

Платформы уже не поддавались смятию при боковом давлении, возникавшем в земной коре. Но податливые, более гибкие участки земной коры, лежавшие между платформами, под боковым давлением последних сминались в складчатые горы. Горные страны причленялись к платформам, которые все более расширялись. Так образовались современные континенты.

Контракционная теория была развита позднее другими геологами, из которых упомянем французского геолога Э. Ога. Этот исследователь указал, что горы должны были образоваться на месте покрытых водой прогибов земной коры — геосинклиналей, в которых накоплялись мощные отложения морских осадков. Глубина геосинклиналей во время отложения осадков была невелика. Но накоплявшиеся осадки вызывали прогиб геосинклиналей и углубление моря. Огромной мощности пласты осадочных пород, накопившиеся в геосинклиналях, превратились в складчатые горы.

Это учение о геосинклиналях позднее развивалось и усложнялось. Теперь геосинклиналями называют подвижные участки земной коры, которые испытывают колебания большой амплитуды, отличающиеся от колебаний платформ своей нерегулярностью.

Гипотеза сжатия, которой в XIX в. объяснялось изменение структуры земной коры, сыграла важную роль в геологии.

«Если мы имеем сейчас какие-то общие представления о структуре земной коры в целом, о расчленении ее на участки, различно построенные, и об истории ее развития, мы этим обязаны исключительно... основателям научной гипотезы контракции», — писал советский геолог В. В. Белоусов. Однако в настоящее время, кроме этой гипотезы, выдвинут ряд других предположений, которых мы не будем касаться, так как ни одна из этих гипотез не является до сих пор общепринятой в науке.

Из истории отечественной геологии

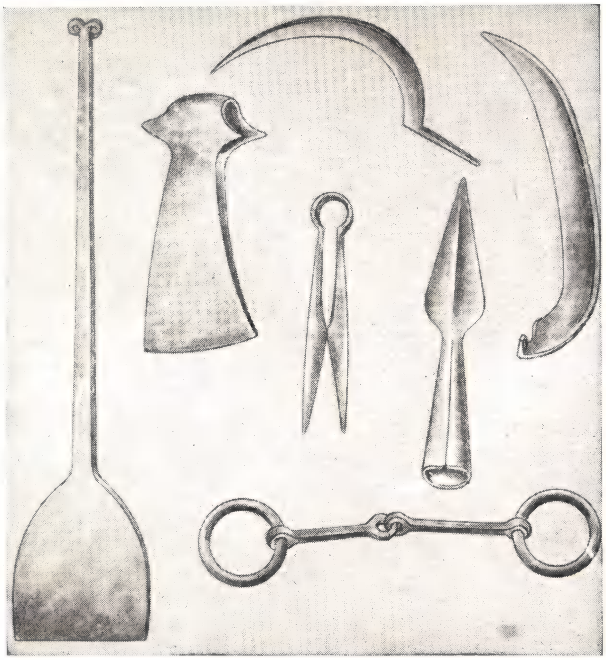
РУДОЗНАТЦЫ И ГОРНЫЙ ПРОМЫСЕЛ НА РУСИ

Человек научился пользоваться различными полезными ископаемыми очень давно. Потребность в камне, различных рудах, глинах, соли и прочих минералах заставляла людей настойчиво искать полезные ископаемые, подмечать, как и где они залегают в слоях земной коры, придумывать и совершенствовать способы их добычи и обработки.

Наши предки славяне с древнейших времен пользовались железными орудиями. Много этих орудий и оружия нашли ученые, раскапывая остатки древних славянских селений — «городищ». Сохранились даже печи, в которых славяне «варили» железо. Добыча железных руд и «варка» железа производились еще в первые века н. э. В средние века на Руси выделились уже особые железоделательные районы, например Устюжна Железнопольская. Русские кузнецы — они же и плавильщики железной руды — получили тогда широкую известность.

Не только железо добывали в нашей стране. Для пищи и заготовки впрок рыбы нужна была соль. Ее выпаривали из природных рассолов, черпая рассолы из соляных колодцев.

В Олонецком крае (область к северу от Ладожского и Онежского озер) и в Сибири добыва-



Железные изделия, найденные в «городищах» (X—XI вв.). Разнообразные формы изделий свидетельствуют о высоком мастерстве древних славянских мастеров.

ли светлую слюду, которая заменяла в окнах стекла. Эту слюду в большом количестве вывозили из России в Западную Европу, где продавали под названием «московит» или «московское стекло» (отсюда произошло и название белой слюды — «мусковит»).

Горный промысел древних славян еще быстрее стал развиваться после образования в IX в. Киевского государства.

Феодальное натуральное хозяйство, основанное на потреблении продуктов собственного производства, имело и собственные горные промыслы.

В развивавшихся городах ремесленникам нужны были руды различных металлов (железа, меди, золота, серебра) для изготовления оружия, посуды, разнообразных предметов обихода и украшений. Русские «кузнецы золота» (ювелиры) были известны своим мастерством. Украшали тогда красивыми камнями не только иконы и одежду бояр, но даже конскую сбрую, мебель и стены в храмах и дворцах.

Посуду русские мастера раскрашивали желтой охрой, зеленым порошком минерала глауконита, красной киноварью, медной синью и другими цветными минералами. Минеральными красками, которые добывались на Руси, написаны многие старинные иконы и древние фрески (роспись потолков и стен). Недавно археологи при раскопках в Новгороде нашли горшочки с красками, которыми написаны эти фрески.

В таких печах-домницах древние славяне «варили» железо. Воздух в печь кузнецы вдували мехами.

РУДОЗНАТЦЫ

Занимаясь рыбной ловлей, охотой и другими промыслами, крестьяне хорошо знали, какие пласты земли обнажаются в крутых берегах рек, какие камни встречаются по берегам и в руслах ручьев.

В лаптях и плохой одежонке они исхаживали горы и долы в поисках руд, цветных камней, красящих земель, соли, слюды и других полезных ископаемых.

Летописи сохранили имена многих рудознатцев, прославившихся своими знаниями и искусством.

Среди них встречаются имена не только простых людей, но и «гостей» (богатых купцов) и «боярских детей» (младших бояр).

Русские рудознатцы искали полезные ископаемые, пользуясь приобретенными на опыте различными приметами. Руды металлов они отыскивали по окраске горных пород в красноватый, желтый и другие цвета, по синим и зеленым следам — примазкам на камнях. Эти знания передавались от отца к сыну, и в Древней Руси уже появились профессионалы-рудознатцы.

Они успешно отыскивали руды металлов, слюду, цветные камни и другие полезные ископаемые.

ПОИСКИ РУД В МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕ

Потребность в полезных ископаемых в XV—XVII вв. быстро росла. Развивались горные промыслы, совершенствовалась техника поисков и разработки.

Русские поселенцы Печорского края нашли медную руду. Они выплавляли медь, делали медную посуду и продавали ее в Архангельске иноземным купцам.

В Олонецком крае русские рудознатцы также находили медную руду и выплавляли из нее медь.

Уральские горщики издавна отыскивали в пустотах, образовавшихся в гранитных жилах, фиолетовые аметисты, желтые и голубые топазы, черные шерлы (турмалины) и другие самоцветы.

Московское правительство стало посылать наиболее искусных рудознатцев из центра на далекие окраины страны.

Путешествия совершались тогда лишь на лошадях и в лодках по рекам. Из одной реки в другую лодки с грузом перетаскивали волоком — по земле. Посланные рудознатцы месяцами шли и ехали к месту поисков.

В конце XV в. московский великий князь Иван III отправил партию на Печору за серебром. Во главе ее он поставил рудознатцев Василия Болтина и Андрея Петрова. Они не нашли серебряной руды, но с помощью местных крестьян открыли месторождение медной руды на берегу р. Цильмы. В следующем году туда послали горных мастеров для добычи руды и выплавки меди. Местность, где тогда добывалась руда и выплавлялась медь, до сих пор известна под названием «У заводов».

В XVI в. соль добывали уже с помощью буровых скважин. Соляные промыслы были в Старой Руссе, Галиче, Чухломе, Балахне, на р. Каме (Соликамск) и во многих других местах. Остатки древних солеварен найдены в Усолье, в Тотьме и других селениях.

Железных руд везде было много, но в меди и особенно серебре Русское государство испытывало недостаток. Много этих металлов тратилось на отливку колоколов, изготовление церковной утвари, оружия и предметов домашнего обихода. Поэтому поиски медных руд и серебра велись все настойчивее.

В XVI—XVII вв. рудознатцы нашли медные руды в западном Приуралье, где вдоль Уральского хребта лежит широкая полоса медистых песчаников.

В первой половине XVII в. воевода Василий Стрешнев отыскал медную руду в западном Приуралье на р. Камгорке (гора Григоровская).

Старинные соляные варницы XVII в., сохранившиеся в окрестностях Соликамска.

Экспедиция на поиски руд в Сибири. Лошади навьючены инструментами и припасами.

Позже это месторождение было разведано купцом-рудознатцем Надеей Светешниковым.

Богатый гость Надея Светешников вел торг с Персией и Шемахой (в Закавказье). Он возил туда полотна, «мягкую рухлядь» (меха) и другие русские товары, а привозил шелковые ткани, серебряные изделия и дорогое оружие. Значительную часть своих доходов Светешников затрачивал на поиски медных руд. Его сын Семен также занимался поисками руд и приобрел славу рудознатца. Надея Светешников тщательно разведал на горе Григоровской богатую медную руду и заложил рудник, а потом вблизи построил медный завод.

В 40-х годах XVII в. воевода Стрешнев прислал в Москву образцы медной руды с р. Тагила. Крупное месторождение медных руд было открыто в 50-х годах этого же века на р. Каме, где был построен медный завод, отданный в аренду «плавильщикам» братьям Дмитрию и Михаилу Тумашовым.

Подьячий Калугин также отыскал на Каме медную руду и поставил завод вблизи Елабуги. В 1698 г. Михаил Тумашов заявил об открытии им медной руды на берегу р. Нейвы.

Московские князья не только рассылали своих рудознатцев, но и оказывали поддержку людям, занимавшимся поисками руд. Например, Михаилу Тумашову была дана особая грамота с предписанием местным властям оказывать рудознатцу всяческое содействие. Ему разрешалось искать не только медь, но и серебряные руды.

Поиски руд при помощи «волшебного жезла». Рудознатец держит в руках развилок, ожидая, что жезл наклонится и укажет место залежи.
(Со старинного рисунка.)

Упорные поиски меди в Приуралье увенчались успехом. Меди оказалось так много, что ее стали даже вывозить за границу. Но серебра все еще не хватало, и его приходилось покупать на Востоке и в Западной Европе. Поэтому рудознатцев особенно интересовали поиски серебряной руды. Московские князья обещали за находку серебра большие награды. Началась «рудоискательная горячка». За поиски руд брались даже духовные лица.

Не ограничиваясь Приуральем, московские князья посылали рудознатцев на поиски серебра и за «Каменный пояс» (так называли тогда Уральский хребет). Так, в 1672 г. была снаряжена экспедиция на поиски серебряной руды в Сибири под руководством дворянина Якова Хитрово́. В ней участвовали известный тогда рудознатец сибирский крестьянин Михаил Селин и немец Христиан Дробиш.

Эта экспедиция, искавшая серебро в Тобольском воеводстве, встретила на месте много препятствий. Не было припасов, все приходилось завозить издалека; оказалось, что немец Дробиш, приставленный к испытаниям руд, плохо знал свое дело; рабочих не хватало. Все это привело к неудаче экспедиции.

В Западной Европе рудознатцы в XV—XVI вв. нередко прибегали при поисках руд к «волшебному жезлу». Это был прут — ветка дерева или кустарника с широким развилком на конце. Прут срезался в определенный день и час, например в полночь перед Ивановым днем (летом), с соблюдением определенных обрядов. Гораздо реже применялись железные или медные прутья.

В зависимости от того, какое ископаемое искали, применяли ветки различных деревьев и кустарников. Так, на поиски серебра шли ореховые ветви; для меди употреблялись дубовые, для олова — еловые, для открытия подземных вод применялись ива и ольха. Золото искали с помощью железных прутьев.

Придя с «жезлом» к тому месту, где предполагались залежи руд, искавший, держа его обеими руками за развиленный конец, начинал медленно обходить район поисков; там, где прут якобы сам собой наклонялся или начинал дрожать, и должны были находиться полезные ископаемые. Для успешных поисков надо было, чтобы сам рудоискатель «имел бы к нему расположение и несомненную веру в действие прута»... Как ни странно, но этот фантастический способ поисков в Западной Европе держался в течение нескольких веков.

Очевидно, рудознатцы того времени знали

«Проспект медеплавильных печей Полевского завода».
(Со старинного рисунка.)

некоторые признаки присутствия руд (например, окраску горных пород окислами металлов), но держали эти приметы в секрете и, чтобы не выдать своих знаний, пользовались «волшебным жезлом», который будто бы указывал местонахождения залежей.

Русские поселенцы в поисках руд пользовались разными признаками, не прибегая к подобному обману. Большую помощь при поисках руд в Приуралье, на Урале и в Сибири оказали русским рудознатцам остатки древнейших разработок. Эти выработки были названы «чудскими» рудниками.

«Чудью» древние славяне называли финские племена, обитавшие в северной части Русской равнины. Это название они дали и тому населению, которое обитало на Урале и в Сибири до прихода туда русских.

Чудские разработки медных и других руд на Урале и в Сибири остались от людей, обитавших в этих местах еще во II тысячелетии до н. э.

ПОИСКИ РУД В ЭПОХУ ПЕТРА I

При Петре I начались более широкие поиски руд железа, меди и серебра. Петр I, укрепляя мощь России, заботился об обеспечении страны собственными металлами. Он объявил, что каждому жителю разрешается добывать золото, серебро, медь, олово, свинец, железо, а также селитру, минеральные краски, серу и другие полезные ископаемые.

В связи с возраставшей потребностью в металлах поиски железа и меди велись с большим рвением и успехом.

Железная руда была найдена посланным из Москвы Михаилом Бибиковым на Урале по рр. Нейве и Алапаихе. На берегу Тагила он открыл залежь магнитного железняка в горе Высокой.

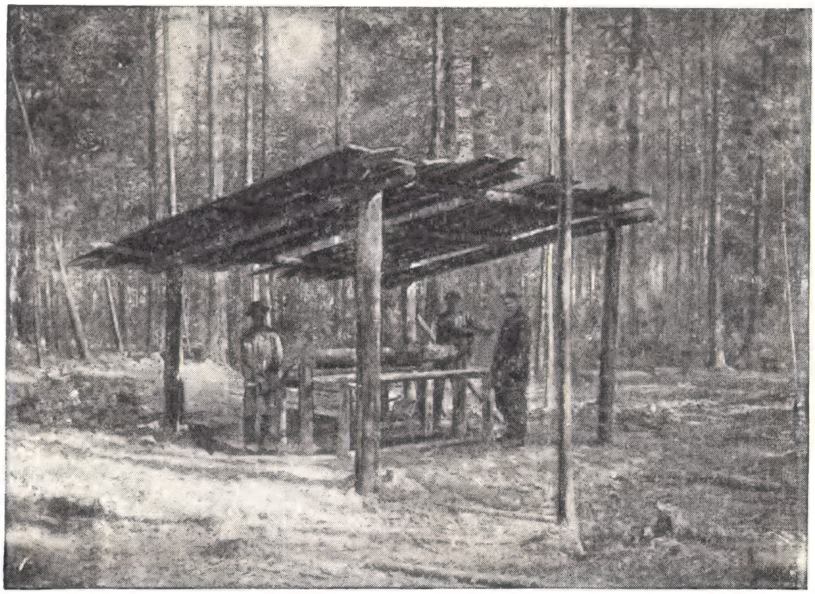
Построенный на Нейве по приказу Петра I железный завод был передан предприимчивому тульскому оружейному мастеру Никите Демидовичу Антуфьеву, который именовался с той поры Демидовым.

Никита Демидов, его сын Акинфий, Строгановы и другие крупные горнопромышленники начали поиски железа и меди по всему Среднему Уралу. Построив в 1725—1727 гг. Нижнетагильский завод для плавки руд горы Высокой, Демидов стал усиленно искать новые залежи магнитного железняка. Близ горы Высокой было найдено крупное месторождение железной руды — Лебяжинское.

В первой половине XVIII в. были открыты также залежи гор Благодать и Магнитной. Первое месторождение было указано местным жителем вогулом (манси) Степаном Чумпиным; второе — рабочими, проводившими почтовый тракт (дорогу) на Орск.

Теперь на этих месторождениях железной руды, открытых русскими рудознатцами и местными жителями, работают уральские заводы-гиганты.

Примерно в те же годы XVIII в. был обнаружен выход медной жилы близ горы Высокой, и Демидовы поставили там Выйский медеплавильный завод. Позднее рудознатец Федор Молодой нашел древние — так называемые чудские — разработки медной руды по речке Полевой, где построили Полевский медный завод. Открытое им же Гумешевское месторождение оказалось настоящим «тайником» природы с глыбами малахита, красной медной руды и самородной меди.



Разведочный шурф. Над ним установлен ворот для подъема породы.

На Урале рудознатцы нашли десятки медных месторождений. Возле них один за другим вырастали медеплавильные заводы.

В 20-х годах XVIII в. алтайские крестьяне нашли близ Колыванского озера на Алтае медную руду. О своей находке они сообщили Акинфию Демидову, который немедленно прислал своих рудознатцев. Приказчик Демидова Семенов осмотрел места, где была открыта медная руда, взял пробы и испытал их. Руда оказалась высокого качества. После этого Акинфий Демидов построил на р. Локтёвке первый на Алтае Колыванский медный завод.

При Петре I наконец удалось найти и серебряную руду (серебро в виде минерала серебряного блеска обычно бывает примешано к рудам свинца и меди) в Забайкалье, куда в 1696 г. правительство отправило на поиски серебра рудознатца Левандиани. Он несколько лет производил поиски между рр. Шилкой и Аргунью и обнаружил серебряную руду на горе Култук. Там и построили первый в нашей стране сереброплавильный Нерчинский завод. Позднее в этом крае было открыто много подобных месторождений.

Серебро нашли и на Алтае, сперва в руде Змеиногорского рудника, а затем и на других алтайских рудниках.

Русское правительство еще в 20-х годах XVIII в. проявило интерес к ископаемому углю, который мог служить как топливо вместо дров.

Когда с Дона пришла весть о находке местными жителями каменного угля, туда был послан замечательный рудознатец, сын крепостного крестьянина, Григорий Капустин.

Выучившись грамоте, Капустин поступил подьячим в приказную избу (так назывались воеводские канцелярии) села Данилова. Но ему не нравилась эта работа, поэтому, когда в окрестностях села появилась партия рудознатцев, искавшая полезные ископаемые, он добровольно, не получая вначале за это платы, принял участие в их работе.

В то время в России было уже несколько казенных партий рудознатцев под общим руководством искусного в деле поисков руд горного мастера Василия Ладыгина. Капустин и задумал поступить в одну из этих партий. Ладыгин слышал много хорошего о Капустине от своих рудознатцев, которые производили поиски близ села Данилова. Он согласился принять Капустина к себе на работу. Вскоре Капустин стал правой рукой Ладыгина.

В 1721 г. Григорий Капустин был послан с партией рудознатцев на Дон для поисков и разведок «земляного угля».

Он сам открыл несколько залежей каменного угля и осмотрел выходы угольных пластов, найденные местными жителями. Капустин взял пробы угля, испытал их в кузницах и убедился в хорошем качестве угля.

Позднее правительство послало еще иноземных рудознатцев для разведок донецкого угля. Но иностранцы не заинтересовались угольными залежами на Дону, а занялись розысками железной руды. Только благодаря Капустину на Дону были произведены разведки угля буровыми скважинами, как это приказывал сделать Петр I.

Одновременно с открытием угля на Дону нашли каменный уголь и в Кузнецком бассейне. Крепостной крестьянин Михаил Волков открыл на берегу р. Томи «горелую» гору, из трещин которой шел дым. Волков был любителем-рудознатцем. Он сразу сообразил, в чем дело: под почвой горел земляной уголь. Вместе с товарищами Волков сделал разведку на «горелой» горе, добыл пробы ископаемого угля и отправил их в Москву. Так впервые стало из-

вестно в Москве о каменном угле в Кузнецком бассейне. Местные жители, по-видимому, с давних пор пользовались этим углем. Они сами отыскивали его выходы и добывали для своих кузниц.

Занимаясь поисками руд и угля, наши рудознатцы накапливали сведения о залегании земных пластов и признаках рудных залежей. К середине XVIII в. в России таких сведений собралось столько, что стало возможно обобщить материалы о поисках полезных ископаемых. Этот огромный труд был начат гениальным русским ученым Михаилом Васильевичем Ломоносовым.

МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ КАК ГЕОЛОГ

Один из первых русских академиков — Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765) был величайшим и разностороннейшим ученым. В своих исследованиях Ломоносов всегда исходил из опыта, из жизненной практики. Важнейшим делом своей жизни он считал изучение ископаемых богатств родной страны и помощь развитию ее горного промысла и металлургии.

В 1742 г. Ломоносов был зачислен в Академию наук, где вскоре начал писать большой труд по горному делу, но многочисленные другие академические обязанности задержали окончание этой работы. Одновременно он составлял каталог (опись) минералов академического музея.

В начале 1748 г. Ломоносов добился постройки и оборудования по его чертежам химической лаборатории при Академии наук, где стал производить анализы образцов различных руд и минералов. Эти образцы он получал с горных заводов и от рудознатцев со всех концов России.

В своей книге «Первые основания металлургии или рудных дел» Ломоносов дал описание руд и минералов по их внешним признакам, рассказал о залегании руд, указал, как по кусочкам руды, найденным в ручье или речке, можно добраться до жилы. Он обращал внимание рудоискателей на значение окраски горных пород в красный, желтый, синий или зеленый цвета. Михаил Васильевич правильно объяснял, что минералы окрашиваются от присутствия окислов железа, меди, свинца и других металлов. Очень ценно было указание ученого о «спутниках» руд. Например, он сообщал, что серный и мышьяковый колчеданы сопутствуют золоту, висмут встречается вместе с оловом и т. д.

Книга Ломоносова была первым практическим руководством к поискам руд, основанным на строгих научных наблюдениях. Она была разослана по рудникам и оказала большую помощь русским горным мастерам-рудоискателям, открывшим много новых месторождений на Урале, Алтае и в Нерчинском крае.

Однако Ломоносов не ограничился только практическими сведениями. Он считал, что разведчику недр для успеха в работе необходимо знать, как и в каких условиях образовались отыскиваемые им полезные ископаемые. Поэтому

Первый русский геолог и минералог М. В. Ломоносов.

(Гравюра В. И. Ростовцева.)

к книге была приложена замечательная работа Ломоносова «О слоях земных», которая положила начало геологической науке в нашей стране. Ученый изложил в ней свои взгляды на строение земной коры, происхождение горных пород и встречающихся в них окаменелостей и полезных ископаемых, на образование гор, причины перемещения суши и моря и т. д.

Взгляды Ломоносова значительно опередили его время. Так, Михаил Васильевич один из первых понял значение внутренних сил в образовании рельефа Земли. Именно действием внутренних сил объяснял он происхождение гор и самих континентов. Как учил Ломоносов, одни части земной поверхности поднимаются, а другие опускаются. В результате этих движений земной поверхности образуются неровности рельефа — впадины дна океана и возвышенности континентов, горные хребты и впадины морей (например, Каспийского и Аральского).

Вместе с тем возвышенности, как указывал Ломоносов, разрушаются внешними силами — ветром, дождями, морозом, текучими водами, морскими волнами. Так в процессе борьбы между внутренними и внешними силами формируется рельеф Земли. Эта совершенно правильная мысль Ломоносова была понята и признана наукой только в XIX в. Современники же Ломоносова не понимали значения внутренних сил в жизни нашей планеты.

Михаил Васильевич указывал на роль различных движений земной коры. Он выделял поднятия и опускания, которые сопровождаются расколами и перемещениями земных пластов и происходят относительно быстро. С этими движениями, вызывающими «трясения земли», Ломоносов связывал образование гор и возникновение вулканов. Только в наше время окончательно доказано и развито это гениальное предположение, высказанное Ломоносовым. С другой стороны, Михаил Васильевич различал «нечувствительные», т. е. медленные, колебания материков. Он ясно представлял себе, что при таких медленных опусканиях и поднятиях земной поверхности море последовательно то наступало на сушу, то отступало. В результате этого материки покрылись слоями морских осадков, превратившихся позднее в глинистые сланцы, песчаники и известняки. В доказательство справедливости своей теории Ломоносов указывал на находки в земных слоях окаменелых остатков морских животных. Эта идея о связи наступаний (трансгрессий) и отступаний (регрессий) моря с медленными поднятиями и опусканиями земной коры стала общепризнанной только к началу XX в.

ПЕРВЫЯ ОСНОВАНІЯ
МЕТАЛЛУРГІИ,
или
РУДНЫХЪ ДѢЛЪ.
ВЪ САНКТПЕТЕРБУРГѢ
печатаны при Императорской Академии
Наукъ 1763 года.

Титульный лист книги М. В. Ломоносова.

Во времена Ломоносова многие ученые еще не понимали значения встречающихся в земле окаменелостей — остатков животных и растительных организмов. Некоторые ученые считали их «игрой природы» или полагали, что окаменелые раковины животных были занесены на сушу во время «всемирного потопа», о котором повествует библия.

Михаил Васильевич утверждал, что остатки вымерших животных встречаются там, где жили эти животные. Если окаменелые морские раковины встречаются на суше, то, значит, эта суша была некогда дном моря.

Не соглашался Михаил Васильевич с религиозными взглядами и на продолжительность жизни Земли. Он указывал на огромные периоды времени, в течение которых происходили неоднократные перемены на земной поверхности.

Ломоносов первый понял, что животные и растения далеких геологических эпох не только сохранились в виде отдельных окаменелых остатков, но и участвовали в образовании некоторых слоев земли, например пластов каменного угля. Он правильно объяснял образование чернозема, связывая его с накоплением в почве перегноя—остатков отмерших, разлагающихся растительных и животных организмов. Эта мысль Ломоносова в XIX в. получила развитие и подтверждение в исследованиях чернозема В. В. Докучаевым, основавшим новую науку — почвоведение (см. том 1 ДЭ).

Главной целью Ломоносова при опубликовании статьи «О слоях земных» в книге «Первые основания металлургии или рудных дел» было показать, как образуются залежи полезных ископаемых. Эта работа показывает, как правильно понимал Ломоносов образование многих минералов и горных пород.

Раньше ученые считали каменный уголь горной породой,

пропитавшейся каким-то «угольным соком». Такого мнения придерживались некоторые геологи даже в начале XIX в. Между тем еще в XVIII в. Ломоносов доказывал, что ископаемый уголь, подобно торфу, образовался из растительных остатков, покрытых впоследствии пластами горных пород. Превращение растительных остатков в ископаемый уголь Ломоносов правильно объяснил действием подземного жара без доступа воздуха. При этом, как полагал Ломоносов, происходит также выделение жидких продуктов — нефти. Уже тогда Ломоносов указывал, что ископаемый уголь как топливо позволит сберечь леса. Необходимо отметить, что Ломоносов первый указал на образование нефти из остатков организмов. Эта мысль получила подтверждение и признание только в XX в. (см. стр. 147). Объясняя происхождение янтаря из смолы ископаемых растений, Михаил Васильевич отметил очень интересное явление: иногда в кусках янтаря попадаются насекомые. По этому поводу высказывались самые фантастические предположения. В живой, поэтической форме Ломоносов рассказал, как это могло произойти:

В тополевой тени гуляя, муравей
В прилипчивой смоле завяз ногой своей.
Хотя он у людей был в жизнь свою презренный,
По смерти, в янтаре, у них стал драгоценный...

Выпустив в свет книгу «Первые основания металлургии», Михаил Васильевич начал писать «Российскую минералогию», т. е. описание минералов и руд России.

Чтобы собрать нужный ему для этого материал, Ломоносов предложил издать указ, чтобы привлечь население, в том числе и детей, к сбору различных минералов и горных пород.

«Малые, а особливо крестьянские дети,— писал Михаил Васильевич,— вешнею и летнею порою, играя по берегам рек, собирают разные камешки и, цветом их увлекаясь, в кучки собирают, но, не имея отнюдь любопытства, ниже зная пользу, оставляют или в реки бросают для забавы».

В минералах, собранных детьми, могли оказаться важные для отечественной промышленности образцы руд.

Хорошо зная простых русских людей, Ломоносов был уверен, что население откликнется на его призыв:

«Рудоискателей во всякой деревне довольно: все не требуют никакого воздаяния, ни малейшего принуждения, но натуральным движением и охотой всё исполняют и только от нас некоторого внимания требуют».

Все собранные геологические материалы жители должны были сдавать в губернские канцелярии для отправки в Петербург.

Через канцелярию Академии наук Ломоносов обращался также и к горнопромышленникам с просьбой присылать ему образцы руд. Некоторые из горнопромышленников тотчас же стали собирать коллекции минералов и руд на своих участках и отправлять их в Петербург.

Преждевременная смерть помешала Ломоносову закончить огромную работу по сбору и обработке минералов нашей страны. Замысел Ломоносова был осуществлен позднее последователями великого ученого — академиками В. М. Севергиным и Н. И. Кокшаровым.

В своих трудах Ломоносов развивал геологические идеи, которые на сотню лет опередили его время, и поэтому он может справедливо считаться одним из первых основоположников геологической науки.

ВЫДАЮЩИЕСЯ РУССКИЕ ГЕОЛОГИ

После смерти Ломоносова Академия наук послала в 1768 г. в различные районы нашей страны пять научных экспедиций по плану, разработанному гениальным русским ученым. Эти экспедиции должны были собрать материалы для составления географических карт, а также провести разносторонние научные наблюдения природы. Руководителями и участниками экспедиций были молодые ученые.

Экспедиции работали на Урале, на Кавказе, в Поволжье, в Оренбургском крае и в Сибири.

Особенно интересные и ценные материалы собрали экспедиции, работавшие под руководством И. И. Лепёхина и П. С. Палласа.

Участники экспедиции И. И. Лепёхина (1740—1802), продолжавшейся четыре года, обследовали большую территорию: значительную часть Поволжья, часть Западной Сибири,

Иван Иванович Лепёхин.

Петр Симон Паллас.

Северо-Западного Казахстана и Урала; побывали они также в Холмогорах и Архангельске. В подробном отчете о путешествии Лепёхин описал встретившиеся ему карстовые явления: образование пустот и пещер в легко растворимых горных породах (известняках и др.). Он описал месторождения встреченных полезных ископаемых. Будучи последователем Ломоносова, Лепёхин доказывал, что найденные им в горных породах раковины морских животных свидетельствуют, что некогда в исследованных им местах было море, а не суша.

Экспедиция П. С. Палласа (1741—1811) обследовала Поволжье, Южный Урал, часть Западной и Восточной Сибири. Обобщив все геологические данные, полученные им во время путешествия, Паллас выдвинул свою теорию образования гор и развития Земли. По мнению Палласа, ядро горных цепей состоит из гранита. Оно всегда возвышалось над уровнем первобытного океана. Под действием вулканических сил поднялись над поверхностью океана горы, а вода из южных морей хлынула на север, перенося морских животных и огромные валуны. Теория Палласа об образовании гор была для своего времени очень смелой и, несомненно, способствовала развитию геологических знаний.

Однако в этой теории говорилось и о катастрофических наводнениях, что очень напоминало библейскую легенду о «всемирном потопе». Это было шагом назад по сравнению с представлениями Ломоносова о характере развития Земли.

Когда Паллас был в Сибири, горный мастер Медведев показал ему громадную глыбу самородного железа, обнаруженную на берегу Енисея. Паллас приказал привезти железо в Петербург и сдать в Минералогический кабинет Академии наук. Ученые установили, что эта глыба железа — метеорит. С того времени метеоритное железо называют палласовым железом или палласитом. Метеорит, привезенный Палласом, теперь находится в Минералогическом музее Академии наук в Москве.

Три другие экспедиции работали на юге России. Экспедиция С. Г. Гмелина проехала через Астрахань в Дербент и Баку. В дневниках С. Г. Гмелина имеются сведения о липецких железных рудах, о бакинской нефти и др. Вторая южная экспедиция под руководством И. А. Гильденштедта работала на Кавказе. Гильденштедт составил карту Кавказа; на ней он показал, что Кавказские горы имеют широтное простирание, центральная часть хребта сложена гранитом, а по северному и южному склонам идут сланцы и известняки[1]. Третья экспедиция, которой руководил И. П. Фальк, работала в Поволжье, на Южном Урале и в Киргизских степях. Участники этой экспедиции описывали минеральные источники, минералы и горные породы.

К 1774 г. все пять экспедиций Академии наук закончили работу и вернулись в Петербург. Затем начались обработка и обобщение собранного большого геологического материала.

[1] Гильденштедт не совсем точно, но в общем правильно представлял строение Кавказского хребта.

Василий Михайлович Севергин.

В конце XVIII и начале XIX в. в России усилилось развитие промышленности: строились фабрики и заводы, сначала небольшие, где преобладал ручной труд, затем более крупные, где уже работали машины. Страна нуждалась в своем, отечественном минеральном сырье, особенно в рудах металлов. Необходимы стали кадры геологов для разведки недр.

В 1755 г. был организован первый в России Московский университет, а в начале XIX в.— Казанский, Петербургский, Харьковский, Томский и др. В них преподавались и геологические науки.

В 1773 г. в Петербурге было организовано специальное учебное заведение — Горное училище, позднее переименованное в Горный корпус и наконец в Горный институт. Этот институт, находящийся в Ленинграде, и в настоящее время продолжает готовить кадры горных инженеров.

В связи с усилившимися поисками полезных ископаемых в конце XVIII и начале XIX в. особенно быстро стала развиваться минералогия. Большой вклад в развитие этой науки был внесен акад. В. М. Севергиным (1765—1826).

Продолжатель дела Ломоносова, В. М. Севергин настаивал на изучении минералов на всей территории нашей страны. Он обобщил материалы о минеральных богатствах России, и его по праву можно считать основателем русской описательной минералогии. В. М. Севергин изучал и описывал не только внешние признаки минералов, как это было принято тогда, но и их физические свойства и химический состав. Севергин старался выявить закономерности в распространении минералов на Земле. Он обратил внимание на то, что некоторые минералы часто встречаются совместно. Это явление Севергин назвал словом «смежность». Севергин совершенно правильно установил, что базальт, выходы которого он наблюдал близ Гёттингена, является изверженной породой, хотя немецкий ученый А. Г. Вернер утверждал, что базальт будто бы образовался из воды. Предположение Севергина имело большое теоретическое значение для спора нептунистов с плутонистами (см. стр. 240). В. М. Севергин, будучи прекрасным химиком-аналитиком, развил в минералогии новое, химическое направление. Он считал, что классифицировать минералы нужно по их химическому составу.

Севергин правильно считал, что минералогическая наука должна приносить пользу человеку. В своем труде «Опыт минералогического землеописания Российского государства» Севергин сообщил, какие минералы находятся в различных районах нашей страны для того, чтобы не привозить из «отдаленных мест» те минералы, которые имеются в нашей стране.

Горячий патриот, Севергин, как и Ломоносов, старался развивать русский научный язык и заменял иностранные термины всем понятными русскими названиями. В минералогию он ввел такие термины, как «спайность», «раковистый» и «занозистый» излом, «блеск минерала», «цвет черты», в химию — такие слова, как «окисление», «кремнезем», «сернокислые» и «углекислые» соли и т. д.

По книгам Василия Михайловича Севергина учились русские горняки, минералоги, химики, металлурги.

Геологи продолжали заниматься и полевыми исследованиями, с конкретными, определенными задачами. Так, в 1829 г. геолог Е. П. Ковалевский впервые описал геологическое строение Донецкого бассейна, геологи А. И. Антипов и Н. Г. Меглицкий исследовали строение Уральских гор. Такие исследования помогали геологам делать все более правильные заключения о строении Земли и силах, изменяющих ее поверхность.

Появились первые учебники по геологии и минералогии, их написал профессор Горного института Д. И. Соколов (1788—1852).

К этому времени геологи научились определять геологический возраст различных слоев Земли не только по характеру горных пород, но и по тем окаменелостям, которые были найдены в данном слое.

Такие окаменелости геологи называют руководящими ископаемыми, а метод определения возраста слоев по ним — палеонтологическим. В начале XIX в. русские геологи стали широко применять палеонтологический метод. В связи с этим усиленно начали развиваться стратиграфические исследования, т. е. определения геологического возраста и расположения слоев земли. Эти исследования имели большое значение, так как облегчали поиски полезных ископаемых. Геологи составляли стратиграфическое описание отдельных районов нашей страны. Эти работы, проделанные учеными еще в первой половине XIX в. (Х. А. Пандером, П. М. Языковым, К. Ф. Рулье и др.), не утратили своего значения и до настоящего времени.

Развивающиеся геологические науки вызывали интерес среди широких кругов общества. Прекрасным популяризатором геологических знаний был профессор Московского университета Г. Е. Щуровский (1803—1884). Он не только читал публичные лекции по геологии, но и проводил для всех желающих экскурсии по окрестностям Москвы.

Во второй четверти прошлого столетия геологические исследования, проведенные в различных местах, дали возможность составлять геологические карты.

Геологические труды русских геологов, особенно стратиграфические исследования, очень заинтересовали западноевропейских ученых. Для того чтобы проверить, как распространяются на территории России те геологические формации, которые были изучены в Западной Европе, в Россию в 1840 г. отправился английский геолог Р. Мурчисон. В своем путешествии по России в 1840 и 1841 гг. Мурчисон пользовался всемерной поддержкой как русского правительства, так и русских геологов, предоставивших ему все материалы своих исследований. На основании этих материалов Мурчисон описал геологическое строение и составил геологическую карту Европейской части России.

Геологи вели исследования не только в Европейской части России. Экспедиции работали на берегах Байкала, на п-ве Камчатке, на п-ве Таймыр. Долгое время мало исследованным оставался прекрасный и богатый край нашей родины — Кавказ с его неприступными горами, снежными перевалами, бурными реками и подземными богатствами. С начала XIX в. началось систематическое изучение Кавказских гор.

Николай Иванович Кокшаров.

В 60-х годах прошлого столетия, после отмены крепостного права, в России быстро начал развиваться промышленный капитализм: строились фабрики, заводы, прокладывались железные дороги. Вместе с промышленностью, в связи с ее потребностями в полезных ископаемых, развивалась и геологическая наука.

В рудниках и шахтах, где добывалось сырье для промышленности, геологи находили новые, неизвестные ранее минералы. Очень много минералов было исследовано акад. Н. И. Кокшаровым (1818—1892). Описание их составило целых одиннадцать томов. Многие минералы Кокшаров обнаружил в России впервые (эвклаз, брукит, волластонит и др.). Кристаллографические измерения были выполнены Кокшаровым с такой поразительной точностью, что вплоть до наших дней во всех минералогических справочниках мира данные Кокшарова выделяются особо как сведения, не вызывающие никаких сомнений. Большое количество минералов, характерных для определенных месторождений, описал также профессор Горного института П. В. Еремеев (1830—1899). Он особенно интересовался формой кристаллов минералов.

Из исследований кристаллов возникла и развилась новая отрасль геологической науки — кристаллография.

Исключительно ценны работы в области кристаллографии русского ученого Е. С. Федорова (1853—1919).

Кристаллы в природе распространены повсюду. Внешняя форма кристалла помогает

Евграф Степанович Федоров.

Франц Юльевич Левинсон-Лессинг.

определить минерал. Занимаясь кристаллографическими исследованиями, Е. С. Федоров открыл геометрические законы, по которым могут располагаться атомы внутри кристаллов. Созданная им теория строения кристаллов через 20 лет после выхода его гениального труда была подтверждена рентгеноанализом. Ученый сконструировал прибор для точного исследования кристаллов под микроскопом. Этим прибором, названным по имени ученого «федоровским столиком», пользуются теперь ученые во всем мире.

Наряду с минералами ученые исследовали и горные породы. Наука о горных породах называется петрографией. В конце XIX в. петрографией в России занимался профессор Петербургского университета А. А. Иностранцев (1843—1919). Он один из первых в мире начал изучать горные породы под микроскопом.

Для развития петрографии много сделал русский ученый Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (1861—1939). В частности, он предложил классифицировать изверженные породы по их химическому составу.

Акад. А. П. Павлов (см. стр. 264) впервые изучил сложное залегание слоев в области Жигулей и высказал предположение, что в этом районе может быть нефть. И действительно, в советское время месторождения нефти в Поволжье начали широко разрабатывать.

Работы А. П. Павлова были известны всему миру. Он участвовал почти во всех международных геологических конгрессах.

В конце XVIII и даже в начале XIX в. еще существовали ученые — так называемые энциклопедисты, — которые занимались одновременно зоологией, ботаникой, геологией и другими естественными науками. Это было возможно потому, что объем знаний в каждой из этих наук был невелик и программы университетов включали в себя полный курс каждой из этих наук. В конце XIX в. геологическая наука настолько выросла, что разделилась на ряд отраслей. Специалистом во всех отраслях геологии теперь мог быть только ученый, обладающий исключительными способностями. Таким ученым был А. П. Карпинский (см. стр. 267). Окончив Горный институт в Петербурге, он вначале производил разведочные работы на Урале, затем перешел в Горный институт, где работал преподавателем. Ученый занимался несколькими отраслями геологической науки. Так, изучив ряд новых горных пород, Карпинский написал несколько выдающихся теоретических работ в области петрографии.

Одновременно А. П. Карпинский занимался и стратиграфией — определением геологического возраста и расположения слоев земли. Среди пластов осадочных пород часто встречаются окаменелости: раковины древних моллюсков, кости вымерших млекопитающих и т. п. Исследуя эти находки, Карпинский стал заниматься палеонтологией.

Он любил определять трудно объяснимые, загадочные формы. Так, Карпинский установил, что отпечатки в виде зубчатой спирали на горных породах, которые никто не мог определить,

Иван Васильевич Мушкетов.

Иван Дементьевич Черский.

являются органами древней рыбы геликоприона — ее зубным аппаратом.

Карпинский разработал и еще одну совершенно новую область геологической науки — так называемую палеогеографию (древнюю географию). По отложениям осадочных горных пород ученый сумел восстановить очертания древних морей и суши и их изменение на протяжении геологической истории Европейской части России, т. е. восстановить древнюю географию этих мест.

А. П. Карпинский составил целую серию палеогеографических карт. Знание палеогеографии очень важно при поисках полезных ископаемых: с разными областями суши и моря связаны месторождения различных минералов и горных пород.

Работы Карпинского имели большое влияние на развитие геологической науки во всем мире.

На Международном геологическом конгрессе в 1881 г. Карпинский вместе с группой русских ученых предложил удобный способ обозначения горных пород различного возраста на геологической карте. Это предложение было принято, Карпинскому присуждена международная премия, и теперь на геологических картах всех стран горные породы обозначаются по способу, предложенному А. П. Карпинским.

Но ученые занимались не только теоретическими вопросами геологии. Они тщательно исследовали геологическое строение отдельных районов, в том числе отдаленных районов Сибири и труднодоступных горных местностей.

Геологическое изучение Средней Азии связано с именем талантливого ученого и неутомимого путешественника И. В. Мушкетова (1850—1902). Отважный геолог работал в горах Тянь-Шаня, на Алтае, на Памире. Он поднимался в высокогорные районы, проходил по труднодоступным снежным перевалам. Мушкетов исследовал и описал геологическое строение этих горных систем, изучал ледники, месторождения полезных ископаемых. Он составил руководство по геологии, которое не потеряло значения и в наше время.

В далекой Сибири в 70-х и 80-х годах прошлого столетия работал геолог-самоучка И. Д. Черский (1845—1892). Он впервые подробно исследовал берега оз. Байкала, Забайкалье и дал правильное описание сложного геологического строения этого района. Когда Черский, вызванный из Иркутска в Петербург, поехал на почтовых лошадях по унылому Сибирскому тракту, то и в пути он продолжал геологические исследования. Работы Черского долгое время были незаменимым пособием при изучении геологии Сибири.

В 1891 г. Академия наук организовала экспедицию на р. Колыму. Возглавил ее Черский. В составе экспедиции были его жена и двенадцатилетний сын. Здоровье Черского в это время сильно пошатнулось, и путешествие оказалось для него последним. Он умер в пути, на берегу р. Колымы. Советские геологи, высоко чтя память неутомимого исследователя Сибири, назвали один из высочайших горных хребтов Колымы хребтом Черского.

Чтобы лучше организовать совместную работу геологов в России, в 1882 г. было создано особое учреждение — Геологический комитет, в котором объединились почти все геологи страны. Первой его задачей было составление геологической карты Европейской России в масштабе 10 верст в 1 дюйме [1].

Ко времени Великой Октябрьской революции в Геологическом комитете было всего около 30 геологов. Сейчас в нашей стране работает около 100 тыс. геологов — исследователей недр.

С конца 70-х годов прошлого века стали собираться международные геологические конгрессы [2]. В них участвовали и русские геологи. VII Международный геологический конгресс собрался в 1897 г. в Петербурге. Члены конгресса совершали научные экскурсии в различные районы России.

Конгресс, созванный в России, был поистине торжеством русской геологической науки. При разрешении многих вопросов геологической науки особое значение стало придаваться трудам русских геологов.

В XX в. развивающаяся промышленность в России требовала все больше угля, железа, цветных и других металлов. Нужно было искать новые месторождения. К этому же времени в науке были сделаны крупнейшие открытия: Д. И. Менделеев создал Периодическую систему химических элементов, французские физики супруги Кюри открыли явление радиоактивности элементов, немецкий физик Рентген обнаружил лучи, носящие теперь его имя. Эти открытия имели большое значение для геологической науки. Появилась новая наука — г е о х и м и я. Одним из основателей ее был крупнейший русский ученый В. И. Вернадский (см. стр. 274).

Ученый доказал, что минералы только на первый взгляд представляют собой как бы «мертвые», безжизненные тела. На самом деле они оказываются продуктами различных химических процессов и, находясь в недрах Земли, подвергаются непрерывным изменениям. Задача минералогов состоит в изучении свойств минералов, условий их образования и дальнейших изменений в природе.

«Я положил в основу широкое изучение минералогических процессов земной коры, обращая основное внимание на процесс, а не только на исследование продукта процесса (минерала), на динамическое [1] изучение процессов, а не только на статическое [2] изучение их продуктов», — писал ученый.

[1] Дюйм — мера длины, равна 2,5 *см*.

[2] Первый международный геологический конгресс собирался в 1878 г. в Париже.

Задача геохимии — изучение закономерностей образования и распространения элементов в нашей планете.

Если мы знаем, при какой температуре и каком давлении образуются определенные минералы, то, зная условия, в которых образовались горные породы, залегающие в определенном районе, можно предсказать, какие руды в этом районе могут встретиться.

Таким образом, геохимия имеет огромное практическое значение, так как дает научную основу для поисков полезных ископаемых. Особого расцвета геохимия достигла благодаря трудам талантливого ученика Вернадского А. Е. Ферсмана (см. стр. 279).

Исследованиям Сибири всю жизнь посвятил советский геолог акад. В. А. Обручев (1863—1956) (см. стр. 281). В Сибири Обручев начал работать еще в 1888 г. в качестве первого и единственного штатного геолога. Ученый работал в Прибайкалье, занимаясь геологическими исследованиями при постройке Сибирской железной дороги, а затем совершил длительное путешествие по Китаю и Центральной Азии.

В. А. Обручев установил сложное геологическое строение Забайкалья. Он доказал, что Сибирь, так же как и Европа, в прошлые геологические времена покрывалась льдом. В. А. Обручев занимался исследованием вечной мерзлоты и создал новую науку — м е р з л о т о в е д е н и е. Им были описаны многие месторождения полезных ископаемых Сибири и Алтая. Труды Обручева создали целую эпоху в познании геологического строения Сибири. Ценнейшие работы В. А. Обручев осуществил уже в годы Советской власти.

Исследуя минералы и горные породы, ученые стремились раскрыть тайну внутреннего строения земного шара. В жизни Земли бывают моменты, когда внезапно проявляются ее внутренние силы и слегка приоткрывается завеса, скрывающая глубокие недра. Это — землетрясения. Сведения о них имеются в древних летописях; их изучением занимались многие ученые, в частности в конце XIX в. А. П. Орлов, выдающийся геолог И. В. Мушкетов, Л. А. Ячевский и др. А. П. Орлов составил «Каталог землетрясений Российской империи». Этот каталог дополнил и издал после смерти Орлова И. В. Мушкетов.

[1] Динамический — находящийся в движении.

[2] Статический — неподвижный.

Борис Борисович Голицын.

Особенно же детально начал изучать землетрясения в России Б. Б. Голицын (1862—1916). Он организовал на Пулковской обсерватории сейсмическую станцию [1], ставшую впоследствии одной из крупнейших станций мира.

Голицын изобрел новую конструкцию прибора, регистрирующего землетрясения,— сейсмографа. В настоящее время почти все сейсмические станции мира снабжены точнейшими сейсмографами системы Голицына. Благодаря работам Б. Б. Голицына, Г. В. Левицкого и других ученых в России развилась наука о землетрясениях — сейсмология.

[1] Сейсмические станции — это лаборатории, где при помощи точных приборов регистрируются близкие и отдаленные землетрясения (см. стр. 38).

В царской России, которой правили помещики и капиталисты, геологам было трудно работать. На экспедиции отпускалось мало средств. Открытия полезных ископаемых использовались для обогащения промышленников и землевладельцев. Их интересовала больше всего прибыль. Иногда они не допускали геологов к исследованиям на своих землях, на территории шахт и рудников. Недра земли хищнически эксплуатировались, не велись широкая разведка и исследование полезных ископаемых страны, так как капиталисты не хотели рисковать средствами.

Можно привести много примеров, когда капиталисты, чтобы избежать появления конкурентов, задерживали разработку тех или иных месторождений полезных ископаемых. Так, например, крупнейший нефтепромышленник Нобель делал все возможное, чтобы помешать разведке нефти в Поволжье и развитию добычи нефти в Ухтинском районе.

Новый метод поисков нефтяных пластов, предложенный И. М. Губкиным (см. стр. 270) в результате его исследований на Кавказе, не использовался. Только в Советской стране все научные труды акад. И. М. Губкина нашли практическое применение. Советская геология широко развернула освоение и изучение нефтеносных районов.

В Советском Союзе, где земля и ее недра принадлежат государству, а работа геолога приносит пользу всему народу, геологические науки достигли необычайного расцвета. Каждый год работают многочисленные экспедиции в различных концах нашей страны. Для исследований геологам дается все необходимое, и геологи не остаются в долгу перед родиной, открывая ей все новые и новые сокровища.

АЛЕКСЕЙ ПЕТРОВИЧ ПАВЛОВ И МАРИЯ ВАСИЛЬЕВНА ПАВЛОВА

Алексей Петрович Павлов был одним из крупнейших русских геологов, академиком, профессором Московского университета, ученым, имя которого широко известно в нашей стране и за ее пределами. Его интересные лекции привлекли к изучению геологии многих слушателей, а по его увлекательным научно-популярным книгам молодежь знакомилась с геологией. Многие ученики Алексея Петровича стали известными учеными, продолжившими работу своего учителя.

Алексей Петрович родился в 1854 г. в Москве в семье подпоручика П. А. Павлова. Он рано потерял отца и жил с матерью, которую очень любил.

Жили они скромно, но мать все же смогла

дать сыну среднее образование. Павлов окончил гимназию в 1874 г.

Уже с детских лет обнаружились его музыкальные и художественные способности: он прекрасно пел и хорошо рисовал. Сохранились ученические тетради Алексея Петровича, на обложках которых талантливо набросаны карандашом картины среднерусской природы. Природу Павлов любил. Он воспринимал ее красоту как художник и вместе с тем стремился изучить и познать ее развитие, ее законы. Пению он учился вместе со своим товарищем, впоследствии известным певцом Хохловым. Учитель пения советовал Павлову идти на сцену и предсказывал ему блестящую будущность. Но Алексея Петровича привлекало и глубоко интересовало естествознание. После окончания гимназии он колебался в выборе специальности, но интерес к науке победил, и он поступил на естественное отделение физико-математического факультета Московского университета.

В те годы среди профессоров Московского университета было много известных ученых. Павлова особенно заинтересовали лекции по геологии проф. Григория Ефимовича Щуровского. Впоследствии в статьях, посвященных памяти Щуровского, Алексей Петрович очень тепло вспоминал о своем учителе, который, несмотря на почтенные годы, не утратил энтузиазма к преподаванию любимой науки и интересно рассказывал в своих лекциях о новейших достижениях геологии. Павлов решил стать геологом и написал дипломную работу, или, как тогда говорилось, «кандидатское рассуждение», на тему, предложенную Щуровским, — о новых исследованиях в области изучения ископаемых моллюсков-аммонитов. За это сочинение ему была присуждена золотая медаль.

По окончании университета в 1878 г. Павлов был приглашен в г. Тверь (ныне г. Калинин) преподавать естествознание и химию в реальном училище, а в женской учительской семинарии —естествознание и географию. После первых уроков Павлов стал в этих учебных заведениях любимым учителем, о котором его ученики и ученицы очень тепло вспоминали до конца своей жизни. Они рассказывали, как живы и интересны были его уроки, какие прекрасные, художественные таблицы он сам изготовлял, какие удачные опыты показывал, какой хороший естественнонаучный кабинет организовал в реальном училище и какое участие принимал во всей ученической жизни. В эти же годы Павлов написал первую научно-популярную книгу — «Общепонятные беседы о химических явлениях».

Отдавая много времени педагогической деятельности, Алексей Петрович не забывал о геологии. Он решил самостоятельно ознакомиться с геологическими отложениями Европейской России и летом во время каникул совершил с этой целью несколько экскурсий по Прибалтике, где на поверхность выходят древние силурийские и девонские морские осадки.

Осенью 1880 г. Щуровский пригласил Павлова на освободившееся в Московском университете место хранителя Минералогического музея. Павлову пришлось оставить Тверь и вернуться в Москву. С этого года его жизнь была связана с Московским университетом. Он много сделал для пополнения музея, созданного Щуровским, вел практические занятия со студентами.

Позже, когда Щуровский оставил университет, Павлов стал читать лекции, которые пользовались исключительным успехом.

В 1885 г. он защитил докторскую диссертацию, после чего получил звание профессора, а в 1886 г. его назначили заведующим кафедрой геологии. На этом посту он оставался до последних лет своей жизни, привлекая к изучению любимой им науки многочисленных учеников. И теперь еще в стенах Московского университета, где единственная когда-то кафедра геологии разрослась в геологический факультет, можно встретить профессоров и научных работников — учеников Павлова.

Очень широка и интересна научная деятельность Павлова. Основной областью его геологических исследований было Среднее и Нижнее Поволжье. Он изучал здесь осадки древних морей, слагающие высокие берега волжской долины, ископаемые остатки вымерших ныне животных, населявших эти моря. Он восстановил картину движений земной коры, вызывавших в те далекие времена наступания на сушу и отступания моря, изменения климата, животных и растений, развитие которых тесно связано с окружающей средой.

Особенно подробно изучил он историю морей юрского и мелового периодов и много работ посвятил описанию руководящих ископаемых мезозоя — аммонитов и белемнитов, населявших эти моря (см. стр. 162).

Интересовал Алексея Петровича и последний, четвертичный период истории Земли, начало которого ознаменовано наступлением ледниковой эпохи. Павлов считал, что большие ледники не менее трех раз наступали на Рус-

скую равнину и холодные ледниковые эпохи сменялись более теплыми межледниковыми. Эти события влияли на развитие растительного и животного мира, изменявшегося в связи с новыми условиями существования. Павлов посвятил ряд научных и научно-популярных работ человеку ледниковой эпохи.

Очень интересны статьи Алексея Петровича о геологической деятельности подземных и поверхностных вод, о происхождении современного рельефа равнин, о развитии и росте оврагов, о происхождении грандиозных оползней, возникающих на высоких, крутых берегах Волги. Последние работы имеют большое практическое значение и теперь. От оползней страдают селения и города, построенные на высоких берегах Волги, как например города Горький, Ульяновск, Саратов и др. С оползнями приходится считаться при постройке мостов и всяких сооружений на крутых, подмываемых берегах. В своих работах Павлов указывал причины образования оползней и предлагал меры борьбы с ними. Он был крупным специалистом по изучению деятельности подземных вод.

К Алексею Петровичу постоянно приходили за советом строители мостов, железных дорог и других крупных сооружений.

Алексей Петрович Павлов.

Мария Васильевна Павлова.

Большое внимание обращал Павлов на полезные ископаемые Поволжья: фосфориты, горючие сланцы и асфальт. Алексей Петрович утверждал, что наличие асфальта и следы просачивающейся нефти, известные в некоторых районах Среднего Поволжья, свидетельствуют о том, что в глубине находятся значительные залежи нефти. Он призывал проверить это предположение бурением вдоль северной окраины Жигулей, где им был обнаружен крупный сброс. Но в те годы не нашлось охотников затратить средства на эти работы. Только в советское время, когда недра нашей земли стали принадлежать народу, предпринято было глубокое бурение в указанной Павловым полосе. Фонтаны нефти, забившие по северной окраине Жигулей, блестяще подтвердили его предсказания. Область Поволжья действительно оказалась большим нефтеносным районом.

Стремясь восстановить историю мезозойских морей и ледниковой эпохи в Северном полушарии, Павлов изучал их отложения не только в нашей стране, но и в Западной Европе. Он подробно исследовал Московскую область, берега Волги, далекий Печорский край, побывал в Финляндии, Англии, Франции, Германии. Он ознакомился с коллекциями мезозойских ископаемых, хранящимися в музеях многих городов Западной Европы.

Кроме экскурсий и экспедиций, связанных с основными темами его научных работ, Павлов совершил много поездок в районы, которые интересовали его как геолога и как лектора-популяризатора, рассказывающего о разнообразных геологических процессах, формирующих и изменяющих поверхность Земли. Его интересовали процессы вулканизма и горообразования. В связи с этим он путешествовал по Альпам, был в Италии на Везувии, изучал интересную вулканическую область Флегрейских полей, вулканы Липарских о-вов; на о-ве Сицилии он поднимался на вершину вулкана Этна. Алексей Петрович посетил во Франции область потухших вулканов Оверни и Йеллоустонский национальный парк в США, где ознакомился с замечательными гейзерами.

Павлов был участником почти всех международных геологических конгрессов, состояв-

шихся при его жизни. Он участвовал в экскурсиях членов конгрессов и ознакомился со многими областями Западной Европы и Северной Америки.

Лекции Алексея Петровича были так живы и интересны именно потому, что он рассказывал о том, что видел сам, над чем сам думал, непосредственно изучая и наблюдая природу. Поэтому так ярко написаны его научно-популярные книги и статьи о вулканах, о землетрясениях, о жизни моря, о значении рек в жизни человека и т. д. Книги Павлова до сих пор увлекают многих на путь изучения геологии.

Еще во время своей первой поездки за границу в 1884 г. Алексей Петрович встретился в Париже с Марией Васильевной Иллич-Шишацкой, слушавшей лекции по биологии, геологии и палеонтологии в Сорбонне (Парижском университете) и в Естественноисторическом музее Парижа.

Тогда в России женщине было трудно получить высшее образование, и поэтому Марии Васильевне пришлось уехать за границу, где двери некоторых университетов были открыты для женщин. Общая любовь к науке сблизила ее с Алексеем Петровичем. Они прошли рука об руку весь свой жизненный путь. Мария Васильевна стала одним из самых крупных палеонтологов, специалистом по изучению третичных и четвертичных ископаемых млекопитающих. Имя Павловой известно всем палеонтологам.

Мария Васильевна была горячей сторонницей эволюционной идеи и учения Дарвина. В своих работах об ископаемых слонах, носорогах, о развитии лошадей и различных представителей парнокопытных животных она продолжила исследования знаменитого русского палеонтолога — основоположника эволюционной палеонтологии В. О. Ковалевского.

Павлова создала в Московском университете палеонтологический отдел зоологического музея, а когда после Великой Октябрьской революции двери университета открылись для женщин, она по праву заняла место руководителя вновь созданной тогда кафедры палеонтологии и получила звание профессора. Академия наук СССР присудила ей звание почетного академика, а Украинская академия наук избрала своим действительным членом. Павлова была избрана членом многих академий и научных обществ зарубежных стран. Кроме научных работ, она писала и научно-популярные книги.

Алексей Петрович умер в 1929 г. Смерть эта была тяжелым ударом для Марии Васильевны, но она нашла в себе силы продолжать научную работу и в выполнении этого долга находила поддержку и утешение. Мария Васильевна умерла в 1938 г. 84 лет.

Жизнь Павловых — это пример беззаветного служения науке и Родине, искренней любви к своему народу и к молодежи, которой с такой любовью оба они отдавали свои силы и знания.

АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ КАРПИНСКИЙ

Академик Александр Петрович Карпинский (1847—1936) был одним из крупнейших русских геологов. Двадцать лет он состоял президентом Академии наук СССР.

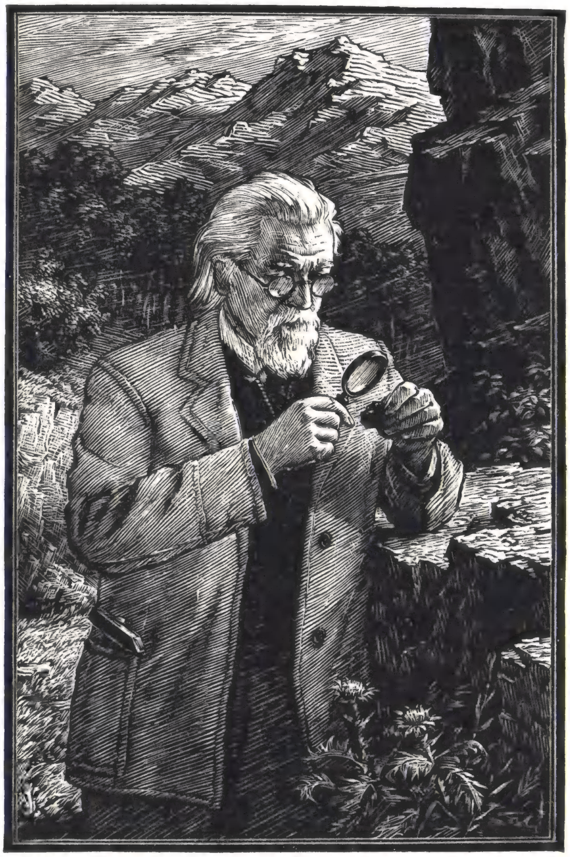
Многие еще помнят невысокого седоволосого старика с живыми, молодыми глазами, приветливого и очень простого в обращении с людьми.

Доброжелательный, готовый помочь каждому, Александр Петрович пользовался всеобщей любовью. С особенной теплотой к нему относились молодые ученые и учащаяся молодежь. Даже дети, увидев «дедушку Карпинского», проходящего через академический двор, бросали игры и спешили к нему. И Александр Петрович всегда приветливо здоровался с ребятами.

Молодые геологи, прежде чем отправиться на полевые работы, часто приходили к Александру Петровичу. Он советовал им, какую литературу надо прочитать, на что обратить внимание при изучении геологического строения местности и т. п.

В области геологии Александр Петрович был всеобъемлющим ученым. Он внес много нового и ценного в эту науку. Идеи его теперь развивают советские ученые, широко пользуясь его трудами в самых различных отраслях геологии.

Многие работы Карпинского посвящены петрографии — науке, изучающей состав и происхождение горных пород. Александр Петрович был одним из первых русских ученых, использо-



Александр Петрович Карпинский.

вавших в исследованиях микроскоп, без которого не мыслится теперь работа петрографа-минералога.

Александр Петрович провел очень ценные геологические исследования Европейской части нашей страны, создал серию карт, на которых показал распространение моря и суши в различные периоды геологической истории и связал перемещения суши и моря с колебаниями земной коры. Эти работы имеют огромное значение для науки. Несмотря на то что они впервые были изданы в 80—90-х годах прошлого столетия, «и сейчас,— пишет акад. Д. В. Наливкин,—мы продолжаем ссылаться на них, строить на них новые выводы, пользоваться ими в нашей работе».

Мировую известность имеют также работы Александра Петровича по палеонтологии: он многое сделал в области изучения загадочных ископаемых организмов. Одна из наиболее известных и интересных палеонтологических работ А. П. Карпинского посвящена описанию зубного аппарата вымершей акулообразной рыбы пермского периода, которую он назвал геликоприоном, что в переводе с греческого означает «спиральная пила».

До исследований Карпинского в различных местах были найдены лишь отпечатки небольших обломков спирали, происхождение которых объяснялось различными исследователями по-разному.

А. П. Карпинскому первому посчастливилось увидеть почти целую, хорошо сохранившуюся спираль. Карпинский восстановил очертания головы геликоприона.

О существовании такой акулы ученые и не подозревали, поэтому многие иностранцы с недоверием отнеслись к выводам Карпинского. Однако впоследствии все они вынуждены были признать правоту русского ученого.

За свои работы в области палеонтологии А. П. Карпинский был удостоен международной премии имени Кювье.

Изучая полезные ископаемые России, Александр Петрович предсказал существование залежей каменной соли в Бахмутской котловине; соляные залежи действительно вскоре были обнаружены. Они разрабатываются и поныне. Он указывал,что в Донецком бассейне находятся огромные запасы каменного угля, размеры которых тогда были неизвестны. Лишь в наше время полностью подтвердилась и эта научная догадка Карпинского.

На чем же была основана такая способность научного предвидения? Конечно, на опыте и богатейших знаниях. А опыт, как известно, основывается на умении наблюдать факты, делать выводы и обобщения. Наблюдательность развивалась в Карпинском еще в раннем детстве, когда он жил на Урале с отцом.

Отец Александра Петровича — горный инженер — научил сына любить природу и передал ему свою любовь к горному делу. Мальчиком рано овладела мечта стать тоже горным инженером.

Карпинскому не было еще одиннадцати лет, когда его постигло большое горе: умер отец. В том же 1858 году мальчика повезли учиться в Петербург в Горный корпус. Это было единственное в то время в России учебное заведение, выпускавшее горных инженеров. До Москвы ехали на перекладных, а дальше — поездом первой в России железной дороги.

Нелегко было мальчику после приволья родных гор и лесов привыкать к замкнутой жизни в Горном корпусе с его муштрой и под постоянным наблюдением военных надзирателей. С этой

нелегкой обстановкой Карпинского мирило только большое желание учиться. К счастью, с каждым годом обстановка в корпусе смягчалась, военная дисциплина ослабевала. Горный корпус переименовали в Горный институт и превратили в высшее гражданское учебное заведение. Карпинский к этому времени уже перешел на последний курс.

В 1866 г. Александр Петрович окончил институт и получил звание горного инженера. Нужно было ехать на работу. Он выбрал родной Урал и снова попал в знакомые с детства места.

С мешком за плечами и геологическим молотком в руках ученый путешествовал в поисках полезных ископаемых. Ему хотелось выяснить и геологическую историю края. Александр Петрович стал знаменитым исследователем Урала, главным образом его восточных склонов.

Через два года Карпинский вернулся в Петербург. Здесь он защитил диссертацию и начал читать лекции по геологии в Горном институте, где еще недавно сам учился. С этого времени вся его жизнь целиком посвящается науке и работе на благо своей страны и народа.

Педагогическая деятельность ученого в Горном институте продолжалась двадцать семь лет. Карпинский воспитал несколько поколений русских геологов. Он оказался талантливейшим педагогом: лекции его всегда были содержательны, ярки и просты, похожи на дружескую беседу. Сопровождал он их обычно демонстрациями чертежей, а также картой, созданной им самим. Эта учебная карта легла в основу подробной геологической карты Европейской России, которую впоследствии создали работники Геологического комитета под руководством Александра Петровича. Карпинский был одним из организаторов Геологического комитета, а потом и его директором.

С неослабевающим энтузиазмом Александр Петрович работал как организатор и как полевой исследователь. Он старался приблизить науку к практике. Двадцать лет подряд ученый исследовал Урал. Он великолепно изучил условия, при которых образуются руды платины, железа, никеля, золота. Это значительно продвинуло вперед развитие горного дела в России.

Книга «Очерк месторождений полезных ископаемых в Европейской России и на Урале», в составлении которой наряду с другими авторами участвовал Александр Петрович, была до революции единственным полным справочным изданием о полезных ископаемых этих районов России.

Но, несмотря на все старания геологов исследовать родную страну, работать в условиях царской России им было очень трудно. Средств отпускалось мало, снаряжение экспедиций было самое бедное. Бо́льшая часть полезных ископаемых лежала в земле нетронутой и неисследованной.

Радостно встретил Карпинский Октябрьскую революцию. Только теперь труды ученых могли по-настоящему принести пользу народу. Единогласно избранный в 1917 г. президентом Академии наук, Карпинский сумел направить всю свою работу на пользу народного хозяйства.

Он принимал участие как в научной, так и в общественной жизни страны. Многие годы Александр Петрович был активным членом и почетным председателем Всероссийского минералогического общества, Петербургского (ныне Ленинградского) общества естествоиспытателей, членом Русского географического общества. Кроме того, Карпинский был членом многочисленных академий и научных обществ за границей. Он представлял русскую науку почти на всех международных геологических конгрессах. На II Международном геологическом конгрессе в Болонье (Италия) в 1881 г. ему была присуждена премия за работы по составлению геологических карт.

Карпинский организовал филиалы Академии наук в союзных республиках и в крупных областях. Таким энергичным и активным он оставался в течение всей своей жизни. Александр Петрович написал больше пятисот работ. Свою удивительную трудоспособность он сохранил до последних лет. Это был подлинный герой труда. В 1935 г. ученого избрали членом правительства — ЦИК СССР.

Александр Петрович всегда относился к молодежи, как добрый и чуткий учитель. В Сыктывкаре он беседовал с пионерами Коми АССР, в Москве встречался со школьниками, выступал на X Всесоюзном съезде комсомола. За две недели до смерти, уже будучи больным, Александр Петрович не отказался написать статью для одного детского журнала. Везде и всегда, пользуясь своим богатым опытом, он старался дать молодежи добрый совет, помочь ей.

Умер Александр Петрович 15 июля 1936 г. в возрасте 89 лет. Карпинский справедливо считается «отцом русской геологии». Он похоронен у Кремлевской стены на Красной площади в Москве, среди борцов за революцию и лучших людей нашей родины.

ИВАН МИХАЙЛОВИЧ ГУБКИН

Академик Иван Михайлович Губкин — выдающийся советский ученый, основоположник геологии нефтяных и газовых месторождений.

Губкин родился в 1871 г. во Владимирской губернии в семье бедного крестьянина.

«Отец мой всю жизнь занимался отхожим промыслом. Земли у нас было мало. Одним крестьянством прокормиться было нельзя, поэтому отец ходил на Волгу, в Астрахань, и там работал на рыбных промыслах»,— рассказывал Иван Михайлович о своих детских годах.

Родители будущего академика, его братья и сестры были неграмотны. Когда мальчику исполнилось 9 лет, его бабушка Федосья Никифоровна настояла, чтобы его отдали учиться в сельскую школу.

Иван Михайлович был в семье первым, кого обучили грамоте. В школе учитель обратил внимание на исключительные способности мальчика и советовал родителям продолжить обучение его в Муромском уездном училище. Семье нужен был работник, поэтому родители Губкина долго колебались и только после настойчивых просьб самого подростка разрешили ему учиться.

Уже в третьем классе училища Губкин стал давать уроки отстающим ученикам и зарабатывать себе на жизнь.

Потом Иван Михайлович окончил учительскую семинарию в г. Киржаче, Владимирской губернии, и шесть лет был сельским учителем. Желание учиться не оставляло его. Он поступил в Петербургский учительский институт.

«Время моего пребывания в учительском институте было вместе с тем и временем моего серьезного знакомства с марксизмом. Я тогда усердно штудировал (изучал.— *Ред.*) первый том «Капитала» и читал другую марксистскую литературу»,— вспоминал Губкин.

Иван Михайлович был связан с членами Петербургского «Союза борьбы за освобождение рабочего класса» и помогал на конспиративной квартире печатать революционные прокламации.

Учительский институт давал возможность сдать экзамены за среднюю школу и получить аттестат зрелости, без которого нельзя было и думать о поступлении в высшее учебное заведение. Весной 1903 г. Иван Михайлович сдал экзамен на аттестат зрелости и осенью этого года поступил в Петербургский горный институт.

В 1910 г. в возрасте 39 лет он стал горным инженером. С этого же времени началась и научная работа Губкина.

Иван Михайлович, как и К. А. Тимирязев, был одним из первых ученых, горячо приветствовавших Октябрьскую революцию и поставивших все свои творческие силы на службу народу. В марте 1921 г. он вступил в партию.

«Я — ученый. Мое место в партии, которая движет вперед жизнь»,— говорил Губкин.

По предложению В. И. Ленина Губкин активно участвует в восстановлении нефтяной промышленности и ряд лет руководит всей геологической службой страны. Создавая новую науку — г е о л о г и ю   н е ф т и, Губкин вел большую практическую работу.

Никто из ученых до Губкина не видел закономерности в расположении месторождений нефти на земном шаре и по геологическим системам.

По учению Губкина, нефть — р е г и о н а л ь н о е полезное ископаемое. Это значит, что там, где имеются признаки нефти, надо искать где-то вблизи и залежи нефти; где имеется одно месторождение, надо искать второе месторождение — так примерно, как в лесу растут грибы: нашел один гриб, ищи рядом другой и третий. Принцип региональности для нефти в то время, когда жил Губкин, не был признан, и это очень мешало разведчикам нефти. Многие ученые, например, не предполагали, что нефть можно найти в Предуралье, где признаки нефти были давно обнаружены. Месторождения каждого района были объединены И. М. Губкиным в региональные зоны.

Учение о региональности нефтяных месторождений помогло обнаружить резервные запасы нефти и газа в самых различных частях Советского Союза.

До исследований Ивана Михайловича ученые не знали, что самое главное в образовании и формировании нефтяных месторождений. Некоторые из них полагали, что обязательно наличие пористых пород — вместителей нефти; другие считали самым важным разломы в земной коре, по которым передвигается нефть;

третьи считали определяющим моментом складки горных пород. Словом, в этом вопросе не было ясности.

Губкин доказал, что для формирования нефтяных месторождений решающее значение имеет наклон пластов земли. Нефть, в отличие, например, от неподвижного угля и руды, может продвигаться по пласту и через пласт. Чаще всего нефть движется по пласту в его приподнятую часть. Ее толкает вода, более тяжелая, чем нефть, и поэтому вода всегда занимает пониженную часть пласта.

Губкин открыл впервые в мире особые, р у к а в о о б р а з н ы е з а л е ж и н е ф т и. Большинство геологов считало, что залежи нефти образуются только в местах перегиба нефтяных пластов выпуклостью вверх, т. е. в сводах антиклинальных складок (см. стр. 149). Работая в Майкопском районе на Северном Кавказе, еще в 1911 г., Иван Михайлович встретил рукавообразную залежь. Она была, как говорят геологи, приурочена к древнему руслу ископаемой реки, вблизи ее впадения в море. По своей форме на плане она напоминала рукав. Позже нашли и ископаемую дельту этой реки.

Открытие таких залежей было новым этапом в развитии науки о нефти.

На XVII Международном геологическом конгрессе в 1937 г. глава американской школы геологов-нефтяников Леворсен безуспешно пытался приписать первенство открытия рукавообразных залежей своим соотечественникам, сделавшим открытие на 22 года позже Губкина.

Открытие рукавообразных залежей нефти, помимо большой практической ценности, имело крупное теоретическое значение. Так были обнаружены новые формы залегания нефти, связанные с береговыми линиями древних морей. Открытия такого типа залежей следует ожидать в Волго-Уральском районе и Сибири.

Очень много сделал Губкин для изучения недр нефтяных районов Азербайджана. Еще в 1921 г. по поручению В. И. Ленина он подготовил доклад о положении в нефтяных районах республики. Иван Михайлович вместе с другим геологом — Д. В. Голубятниковым изучил всю сложную последовательность в напластовании нефтеносных отложений Кавказа и тем самым подвел научную базу под развитие здесь нефтяной промышленности.

Губкин впервые дал научное объяснение происхождения и деятельности г р я з е в ы х в у л к а н о в, или с а л ь з. Грязевые вулканы, выбрасывающие жидкую глинистую массу с обломками различных горных пород, многие геологи рассматривали как особую стадию вулканической деятельности, связанную с магмой. Считалось, что места вблизи грязевых вулканов для бурения на нефть непригодны. Иван Михайлович доказал, что грязевые вулканы, огромное количество которых имеется в Азербайджане (около 200), непосредственно связаны с нефтяными газами. Он установил связь грязевых вулканов с особыми складками горных пород — д и а п и р о в ы м и, или п р о р в а н н ы м и. Диапировые складки представляют антиклинали, как говорят, с «протыкающим» ядром. Они образуются в тех случаях, когда смяты очень пластичные породы, слагающие ядро антиклинали. Эти породы сильно выжимаются вверх при образовании складки и «протыкают» вышележащие слои. Породы протыкающего ядра чаще всего представлены солью или ан-

Иван Михайлович Губкин.

гидритом, гипсом или глиной. Диапировые складки нередко имеют форму купола («соляные купола»).

Пластичные слои, собирающиеся в ядрах диапировых складок, образуют как бы «раздувы» весьма разнообразной формы. Вышележащие породы, приподнятые и изогнутые в виде купола этим раздутым ядром, частично или полностью их протыкающим, растягиваются, растрескиваются, распадаясь на отдельные глыбы, смещающиеся по трещинам сбросов.

К ядрам диапировых складок поднимаются газ, нефть и вода, как к наиболее приподнятым, измятым и разрыхленным участкам. Этим объясняется связь грязевых вулканов с диапировыми складками. При образовании такой складки возникает масса перетертых пород, которые выдавливаются на поверхность в виде сопочной брекчии. При сильном притоке воды такая брекчия разжижается и вытекает в виде жидкой грязи; при слабом подпоре она выдавливается в виде густой массы, которая закупоривает отверстие грязевого вулкана — иногда надолго. Газ должен накопиться, чтобы прорвать такую пробку. В 1935 г. произошел сильный взрыв грязевого вулкана Локбатана в районе Баку, причем загорелся газ в трещинах и грязь раскалилась докрасна (в составе нефтяных газов, выделяющихся в грязевых вулканах, бывает до 98% метана).

Связь грязевых вулканов с нефтяными месторождениями была доказана И. М. Губкиным именно на примере Локбатана. В районе Баку были заложены скважины, давшие грандиозные фонтаны нефти — до 10—15 тыс. *Т* в сутки из одной скважины. После Локбатана были разбурены многие грязевые вулканы, и везде была найдена нефть.

Губкин настаивал на необходимости продолжать поиски нефти в ряде районов Азербайджана, где геологи не нашли нефти. Он говорил: «Важно, чтобы мы сами не истощились в своих усилиях, а недра нас не подведут». И всегда Иван Михайлович оказывался прав. Так, в районе Небит-Дага, в Туркменской ССР, по его настоянию возобновили поиски нефти и обнаружили крупнейшие в мире нефтяные фонтаны — по 17—18 тыс. *Т* нефти в сутки.

Губкин настаивал на больших разведках в Грозном, и его прогнозы полностью оправдались. Он предложил широкую разведку Эмбинской солянокупольной области. В книге «Большая Эмба» помещена его руководящая статья, где он выдвигает программу получения нефти из нефтяных месторождений Эмбы в количестве, не меньшем чем из района Баку. Иван Михайлович сравнивал Эмбинский район с богатейшими месторождениями США (Техаса и Луизианы), которые он прекрасно изучил, будучи в научной командировке в Америке еще до Великой Октябрьской социалистической революции.

И. М. Губкин разделял мнение А. П. Павлова (см. стр. 264) о необходимости серьезных разведок на нефть в области Поволжья. Он считал, что поверхностные нефтяные месторождения Второго Баку, т. е. нефтеносной области Поволжья и Западного Приуралья, в т о р и ч н ы. Нефть проникла сюда из глубины и находится во вторичном залегании. Большинство геологов в то время предполагало, что месторождения асфальта (окисленной нефти) в Жигулях и просачивания нефти, наблюдающиеся в различных районах Поволжья, представляют остатки истощенных первичных месторождений. По их мнению, на Волге и на Урале вряд ли могла когда-либо быть получена нефть промышленного значения. Открытию нефти в 1929 г. в Верхне-Чусовских Городках на р. Каме, где была заложена буровая скважина на соль, не придавалось серьезного значения.

Губкин дал научное обоснование необходимости изучить Волго-Уральский район. Под руководством Губкина его учеником А. А. Блохиным была организована первая экспедиция в Ишимбай (Башкирская АССР). Четыре скважины, заложенные в районе Ишимбая, одновременно дали фонтаны нефти.

Губкин в статье «Доверие народа — высшая награда» рассказывал, какую борьбу ему пришлось вести с противниками поисков приуральской нефти.

Теперь нефть добывается в большом количестве в Башкирии, Татарии и других районах Приуралья.

Ивану Михайловичу принадлежит мысль о наличии нефти в местах, расположенных ближе к центральным районам страны, о возможности существования нефти в Подмосковье. И действительно, в последние годы границы Второго Баку далеко продвинулись на запад.

В 1932 г. Губкин выступил на Новосибирской сессии Академии наук с докладом о возможности нахождения нефти в Западной Сибири. Он высказал предположение, что отложения восточного склона Урала, угленосные в районе Челябинска, в пределах низменности должны перейти в нефтеносные пласты. Кроме того, в Кузбассе и Минусинской котловине под угленосными отложениями должны быть найдены нефтеносные отложения древнего, девон-

ского[1] возраста. Эти идеи получают сейчас все большее и большее подтверждение.

Губкин был сторонником органического происхождения нефти и обосновал научную теорию образования нефти в природе. Он утверждал, что родина нефти не болота, не суша, а область мелкого моря, которая представляет собой как бы зону борьбы между сушей и наступающим морем.

«Нефть встречается,— говорил ученый,— во всех геологических системах, начиная от кембрия и кончая третичной системой. Нефть произошла именно в условиях мелководных морей и заливов».

Из какого же органического материала образовалась нефть? На этот вопрос ученые дают различные ответы. Некоторые считают, что нефть образовалась из высших растений. Другие — что вся нефть создалась из водорослей. Часть ученых, как например Энглер и Кабаяси, полагают, что нефть произошла из остатков животных. Они делали опыты по органическому синтезу — искусственному получению нефтеподобного вещества из рыбьего жира.

По теории Губкина, нефть имеет смешанное животно-растительное происхождение. Он считал, что между углями и нефтями существует целая система переходов. Все горючие ископаемые, по теории Губкина, образовались в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Иван Михайлович считал, что исходным материалом для нефти является гнилостный ил — сапропель. Он различал две стадии в процессе образования нефти. Первая стадия — накопление органического материала в сланцах и глинах и превращение его в мельчайшие частицы нефти (первичная нефть). Во второй стадии благодаря смятию пластов земли нефть выдавливается из этих сланцев и глин в пески и передвигается в своды антиклинальных складок. Там она располагается по удельному весу: наверху — газ, ниже — нефть (вторичная нефть) и еще ниже — вода. Так происходит формирование нефтяных месторождений.

В образовании нефти, по мнению Губкина, огромное значение имеют процессы, связанные с деятельностью бактерий, особенно на первой стадии превращения органического вещества.

Сейчас бесспорно, что в любой по возрасту нефти на большой глубине существует живая микрофлора. В месторождениях Кавказа на большой глубине в нефтяных водах были обнаружены живые бактерии. Существует даже наука микробиология нефти, честь создания которой принадлежит советским ученым.

Иван Михайлович создал теорию формирования нефтяных месторождений, разделив процесс формирования на стадии, начиная от накопления органического вещества и кончая разрушением древних нефтяных месторождений.

Губкин установил закономерность расположения нефтяных месторождений главным образом на окраинах горных цепей. Нефтяные месторождения не встречаются в центральных частях горных систем.

Иван Михайлович не разрешил полностью вопроса о происхождении нефти, но наметил основные направления, по которым должна идти исследовательская работа.

Губкин был не только крупным ученым, но и замечательным педагогом. Лекции он читал с большим увлечением, приводил интересные примеры из своей богатой практики. Говорил он не спеша, с «óканьем», его ясные и короткие фразы было легко записывать. На лекции Губкина приходили не только студенты, но и ученые. Он был ректором Московской горной академии. Московский нефтяной институт, выделившийся из Горной академии, где Губкин преподавал, носит имя своего славного основателя.

Ученый не выносил раболепия перед заграничной наукой. «Такое унизительное раболепие недостойно советского гражданина,— писал он.— Мы не отказываемся от постоянного обмена с иностранной научной мыслью, но мы можем и должны заставить считать русский язык и научные труды, изложенные на языке нашей великой Родины, такими же полноправными, как английские и другие».

Губкин разоблачил лженаучную теорию об истощении мировых запасов нефти.

Эта лживая теория в настоящее время используется американскими империалистами для оправдания их агрессий на Ближнем и Среднем Востоке.

Академик Губкин был образованнейшим человеком и лучшим знатоком всех месторождений нефти на Земле.

Иван Михайлович обладал исключительной памятью. Достаточно было ему один раз побывать на месторождении нефти, как он запоминал детали его строения на всю жизнь и нередко поражал знатоков отдельных районов своими за-

[1] Девонский период был на Земле 281 млн. лет назад.

ключениями о глубинах и других особенностях скважин.

К людям Губкин всегда относился внимательно. Он очень любил молодежь и с интересом слушал исследователей, приехавших из далеких экспедиций; при неудачах ободрял их. Иван Михайлович умел зажечь огнем энтузиазма геологов, работавших над трудными проблемами, практический эффект которых виден не сразу.

Достаточно было поговорить с Иваном Михайловичем, посмотреть в его добрые глаза, как улучшалось настроение и хотелось еще лучше работать.

Губкин воспитал много молодых ученых, продолжающих с энтузиазмом его работу. Он был очень требователен к людям и всей своей жизнью и деятельностью показывал, каким должен быть советский ученый. «Чтобы быть хорошим коммунистом и хорошим ученым, ученый-большевик должен бороться за науку с такой же страстностью, как и за генеральную линию партии. Ученый должен быть принципиальным и не сдавать своих убеждений. Всю свою жизнь я старался воспитывать в себе принципиальность. Я никогда — ни ради «дружбы», ни ради славы или денег, ни ради сохранения «хороших отношений» — не изменял своим убеждениям. Это и помогает мне добиваться многого в своей научной деятельности», — писал Губкин.

Весной 1939 г., незадолго до смерти Ивана Михайловича, его посетила группа работников Главсевморпути. Кто-то спросил ученого:

— Верите ли Вы в арктическую нефть?

— Этот вопрос не совсем точен, — задумчиво сказал Иван Михайлович, — что значит верить? Но, по-видимому, Вы подразумеваете научное предвидение, основанное на всей сумме человеческих знаний. Вот без него нельзя работать. Да, я предвижу промышленную нефть на Крайнем Севере, среди снегов на Нордвике и в Таймырской депрессии, так же ясно, как в более изученных районах между Волгой и Уралом. Но вижу ее пока далекой. Дело ваших рук сделать ее реальной и близкой.

Губкин лично знал почти всех геологов-нефтяников и помнил тысячи людей по имени и отчеству. Нефтяники Баку избрали его депутатом Верховного Совета СССР.

В Академии наук СССР Губкин до самой смерти был вице-президентом.

Лучший памятник уважения и славы крупнейшему ученому Ивану Михайловичу Губкину — открытые после его смерти многочисленные нефтяные месторождения, так талантливо предсказанные им много лет назад.

ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ ВЕРНАДСКИЙ

Академик Владимир Иванович Вернадский был крупнейшим естествоиспытателем XIX и XX вв., выдающимся минералогом, кристаллографом и основателем новых наук — геохимии и биогеохимии. Родился он в 1863 г. в Петербурге в семье профессора экономики и истории И. В. Вернадского.

Вернадский получил широкое и разностороннее образование. Он учился в Петербургском университете, где слушал лекции корифеев[1] науки — Д. И. Менделеева, А. М. Бутлерова, В. В. Докучаева, И. М. Сеченова. В молодости Владимир Иванович участвовал в революционных студенческих кружках. В 1885 г. Вернадский окончил университет и был оставлен в нем для ведения научной работы. В 1898 г. его пригласили в Московский университет заведовать кафедрой минералогии и кристаллографии. Здесь на протяжении многих лет Владимир Иванович читал лекции и провел немало из прославивших его научных исследований. Он уделял много внимания расширению Минералогического музея университета. Кроме того, Вернадский был также профессором Московских Высших женских курсов. Его плодотворная научно-педагогическая деятельность в старейшем русском университете была прервана в 1911 г.

В этом году, как многие другие передовые ученые (К. А. Тимирязев, Н. Д. Зелинский, С. А. Чаплыгин, Н. А. Умов, П. Н. Лебедев

[1] Корифей — выдающийся деятель науки, искусства и т. д.

и др.), профессор минералогии В. И. Вернадский ушел из Московского университета, протестуя против полицейского режима, который пытался ввести в этом учебном заведении министр просвещения Кассо. И в последующие годы Владимиру Ивановичу не раз приходилось выступать в защиту высшей школы от посягательств самодержавия. Покинув Московский университет, он переехал в Петербург и всецело посвятил себя научной работе. Но только после Великой Октябрьской социалистической революции выдающемуся ученому были созданы такие условия работы, когда во всем блеске могла проявиться его необычайная научная одаренность и большой организаторский талант. Вернадский становится во главе таких важных научных учреждений, как Комиссия по изучению естественных производительных сил России, Радиевый институт, Биогеохимическая лаборатория, Комитет по изучению метеоритов, и ряда других.

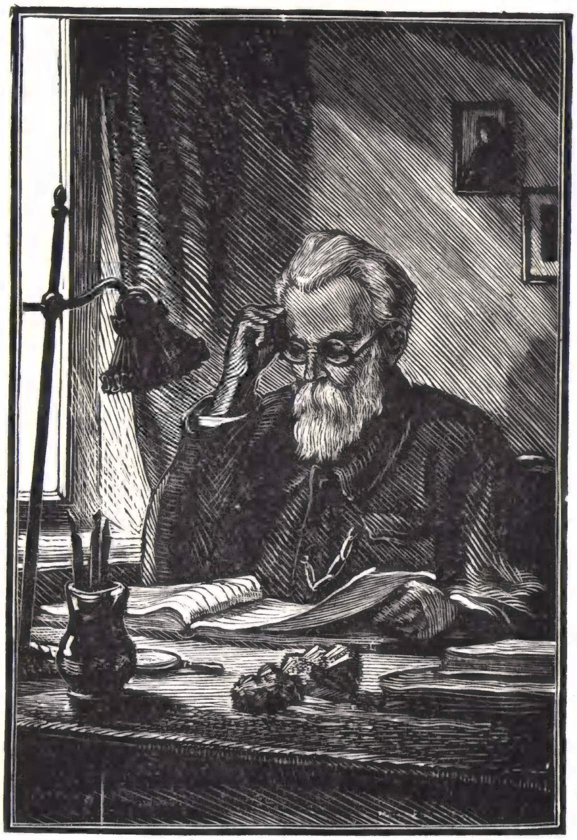
Владимир Иванович был первым президентом Украинской академии наук, основанной в 1918 г.

По выражению проф. В. Д. Личкова, «своей деятельностью он (Вернадский.— *Ред.*) перепахал поля многих наук: и химии, и минералогии, и геологии, и почвоведения, и биологии; вместе с тем он создал новые науки — геохимию и биогеохимию».

В наш век узкой специализации, когда одному человеку невозможно в совершенстве знать многие науки, Вернадский наметил новые пути для совместного развития таких граничащих между собой наук, как минералогия и химия, кристаллография и химия, биология и химия. Это показывает необычайную широту научных интересов и научного кругозора ученого.

С самого начала своей деятельности Владимир Иванович избрал своей основной специальностью минералогию. В то время эта наука ставила перед собой весьма ограниченные цели. Минералоги считали, что их задача должна сводиться в основном к всестороннему описанию минералов и систематизации их. Условиями образования минералов тогда интересовались мало.

Вернадский подошел к минералогии с совершенно новой точки зрения: он выдвинул идею эволюции (изменения) всех минералов и тем самым поставил перед минералогией новые задачи, значительно шире и глубже прежних. Главная цель минералогии, по Вернадскому,— изучение истории минералов в земной коре.



Владимир Иванович Вернадский.

Минералоги не могут ограничиваться изучением лишь химического состава и физических свойств минералов, но должны обращать особое внимание на условия образования минералов и дальнейшую их «жизнь» в различных частях земной коры, на те изменения, которые происходят при метаморфизме и выветривании (см. стр. 45 и 101). Он установил пути превращения одних минералов в другие и указал на громадную роль этих процессов, в частности при образовании месторождений полезных ископаемых.

Минералогия, по определению В. И. Вернадского, является химией земной коры и историей слагающих ее минералов. Жизнь полностью подтвердила правильность намеченного им пути развития этой важной науки.

В. И. Вернадский внес много нового в изучение различных групп минералов. Особенно ценны его исследования соединений углерода (основы всего живого на Земле) и силикатов — группы минералов, составляющих главную массу земной коры. К силикатам относятся поле-

вые шпаты, каолин, роговые обманки и т. д.; в химическом отношении все они представляют собой кислородные соединения кремния и ряда других элементов.

На основе разработанных им идей Владимир Иванович систематизировал данные о большинстве минералов и дал новую классификацию их.

В течение многих лет Владимир Иванович изучал воды в земной коре. Он установил единство природных вод планеты, взаимосвязь между ними, связь вод с твердым веществом земной коры и с живыми организмами. Вернадский сам сделал огромное количество химических анализов и собрал много материалов, на основе которых разработал первое научное разделение вод на классы и группы, рассматривая их как минеральные разновидности. После выхода в свет его работы «История природных вод» гидрогеология уже не могла ограничиваться изучением только условий залегания подземных вод, но стала изучать также их происхождение, состав и т. д.

Особое внимание уделял В. И. Вернадский исследованию явлений радиоактивности. Процесс радиоактивности состоит в том, что из ядра атома радиоактивного элемента (например, урана, тория), независимо от внешних условий, непрерывно с громадной скоростью вылетают особые частицы, получившие название альфа-частиц. Они представляют собой заряженные положительным электричеством ядра элемента гелия. Кроме того, возникают еще так называемые бета- и гамма-лучи. Ядро радиоактивного элемента, выбрасывающего альфа-частицы, как бы раскалывается, распадается, образуя последовательно ряд новых элементов; при этом выделяется много тепла.

В. И. Вернадский показал большое значение радиоактивности для геологических процессов.

В связи с открытием явления радиоактивности он еще в 1910 г. писал: «Ни одно государство и общество не могут относиться безразлично, как, каким путем, кем и когда будут использованы и изучены находящиеся в его владениях источники лучистой энергии».

Позже, в 1922 г., Вернадский с удивительной прозорливостью говорил: «Мы подходим к великому перевороту в жизни человечества, с которым не может сравниться все, им раньше пережитое. Недалеко то время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет... Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Ученые не должны закрывать глаза на возможные последствия их научной работы, научного процесса. Они должны себя чувствовать ответственными за последствия их открытий. Они должны связать свою работу с лучшей организацией всего человечества».

Владимир Иванович решительно отвергал принятое многими учеными положение об остаточном внутреннем жаре планеты, т. е. о том, что Земля была ранее раскаленным шаром, и внутреннюю теплоту Земли объяснял радиоактивным распадом.

Последние десятилетия своей жизни Владимир Иванович посвятил изучению чрезвычайно сложных вопросов, связанных с распределением отдельных химических элементов в земной коре. Работая над этими вопросами вместе со своим учеником А. Е. Ферсманом (см. стр. 279), В. И. Вернадский разработал основы новой науки — **геохимии**, которая сразу же приобрела важное значение как в чисто научном, так и в практическом отношении.

Минералогия — **наука об истории минералов** (природных химических соединений).

Геохимия, в отличие от минералогии,— это **наука об истории атомов в земной коре и во Вселенной**. Геохимия изучает законы распространения и распределения атомов химических элементов в Земле и условия образования их скоплений, т. е. месторождений.

В составе земной коры преобладают элементы с малым порядковым номером по таблице Д. И. Менделеева, т. е. с малым атомным весом [1]. Мало распространены в земной коре тяжелые элементы.

Вернадский всесторонне проанализировал всю таблицу элементов Менделеева с точки зрения геохимика. Он разбил все химические элементы по доле их участия в составе земной коры на группы и установил процентное содержание в земной коре многих элементов.

Интересны исследования ученым так называемых циклических элементов, участвующих в кругообороте в природе, как например углерод (см. стр. 167). Особенно ярко цикличность выражена еще у кислорода, водорода, азота,

[1] Исключение составляют литий, бериллий и бор. Они хотя и имеют небольшой атомный вес, но отличаются неустойчивостью атомных ядер, и в природе их мало.

фосфора и серы, а из металлов — у железа, меди, цинка, марганца и др. По вычислениям Вернадского, в кругообороте участвует 99,7% вещества земной коры, а не участвует только 0,3%.

Радиоактивные процессы — это процессы, не обратимые в условиях земной коры. Они ведут к распаду сложных тяжелых атомов радиоактивных элементов, которые, теряя альфа-частицы, переходят в более простые элементы с меньшим атомным весом. Так, в результате радиоактивного распада урана и тория в земной коре образуются разновидности (изотопы) свинца и гелия.

Учитывая эти явления, Вернадский пришел к интересному выводу, что в течение геологической истории Земли состав химических элементов менялся.

Одним из важнейших в практическом отношении разделов геохимии является учение о парагенезисе[1] элементов, о закономерностях связей элементов в минералах.

В работе «Парагенезис химических элементов земной коры» Вернадский научно обосновал причины совместной встречаемости элементов в определенных местах земной коры, указал на закономерность в распределении участков с повышенным содержанием того или иного элемента и на их связь с геологическим строением района. Знание такой геохимической «зараженности» различными элементами дало возможность составить геохимические карты, облегчившие геологам поиски полезных ископаемых, особенно руд: ведь каждый минерал, каждая руда приурочены к определенным горным породам.

На основе исследований распада радиоактивных элементов Вернадский сделал замечательный вывод о возможности и необходимости введения в геологии абсолютного летосчисления.

Дело в том, что геологи на основании сравнения остатков организмов (раковин, скелетов животных), которые они находят в слоях осадочных пород, могут сказать только, что такой-то слой моложе, а такой-то старше того или иного пласта. Другими словами, они могут определять лишь относительный возраст пород. Установить же, сколько лет назад эти слои образовались, считалось невозможным.

[1] Парагенезис химических элементов — закономерное совместное нахождение химических элементов в минералах и горных породах. Парагенезис — совместное образование, совместное нахождение минералов в природе, которое акад. В. М. Севергин (см. стр. 259) называл «смежностью».

А радиоактивные процессы, правда с небольшой точностью, позволяют определять в годах (точнее — в тысячелетиях), сколько лет назад образовались заключающие их радиоактивные пласты породы.

Так как скорость распада радиоактивных элементов все время постоянна, а в результате этого процесса образуются неизменяющиеся атомы определенных элементов, то по количеству этих веществ можно определять возраст отдельных участков Земли и всей планеты.

Например, в радиоактивном минерале благодаря непрерывному распаду атомов урана или тория количество последних убывает, а количество свинца и гелия увеличивается. Распад радиоактивных элементов происходит со строго определенной и никогда не меняющейся скоростью, различной для разных элементов. Эта скорость измеряется так называемым периодом полураспада, т. е. тем временем, в течение которого количество данного радиоактивного элемента уменьшается в два раза. Полураспад урана происходит за 4,5 млрд. лет. Зная это, можно вычислить, сколько гелия и свинца образуется из 1 *Г* или из другого количества урана за один год. А отсюда, сравнив количество свинца и количество урана в каком-нибудь минерале, нетрудно вычислить и возраст минерала, которому будет соответствовать возраст включающей его породы. Определение возраста горных пород по количеству свинца дает более точные данные, чем подсчет количества гелия, так как гелий, как газ, частично выделяется в атмосферу.

Вернадский указал, что земной шар состоит из ряда оболочек различного удельного веса и состава, которые он назвал г е о с ф е р а м и. Физико-химические условия — температура и давление — различны в разных геосферах. Владимир Иванович уделил много внимания изучению химического состава верхних оболочек Земли: атмосферы, гидросферы (водная оболочка) и литосферы (твердая каменная «пленка»). Он выделил как особую оболочку б и о с ф е р у — совокупность организмов, живого вещества. Биосфера располагается на литосфере, в гидросфере и проникает на некоторую глубину в литосферу и на некоторую высоту в атмосферу. Владимир Иванович изучение биосферы называл «самым важным делом своей жизни». Он создал новую науку — б и о г е о х и м и ю.

Вернадский поставил интереснейшую проблему: какова роль органического мира в жизни нашей планеты? Он выяснил огромное зна-

чение живого вещества во всех геологических процессах на поверхности планеты и в образовании атмосферы, хотя по весу оно составляет ничтожную часть планеты (около 0,1% ее веса). Он установил, что свободный кислород атмосферы — продукт жизнедеятельности растений, что энергия солнечных лучей, преобразуемая земными растениями, играет большую роль в геологических и геохимических процессах в земной коре; показал значение живых организмов в перемещении, концентрации и рассеивании химических элементов. Многие горные породы целиком созданы живыми организмами — известняки, трепел, каменные угли и т. д.

К биосфере Вернадский относил и такие вещества, как почва и илы, переполненные микроорганизмами. Биосфера представляет собой закономерно появившуюся в истории планеты оболочку.

В биосфере ученый особо выделил процессы и их продукты, связанные с жизнедеятельностью человека. В числе факторов, изменяющих земную кору, человек занимает особо важное место. Человек влияет на природу так, что «лик планеты — биосфера — химически резко меняется сознательно и главным образом бессознательно.

Изменяет человек физически и химически воздушную оболочку земного шара.

В XX в. в результате роста культуры человека все более резко стали меняться биологически и химически моря и части океана...» — говорил Вернадский.

Человек создал множество химических соединений, никогда не встречающихся в природе; он производит в огромном количестве металлическое железо, которое в природе встречается как минералогическая редкость, и металлический алюминий, который на Земле не встречался.

В кратком очерке трудно перечислить даже важнейшие работы Владимира Ивановича Вернадского.

Покойный президент Академии наук СССР В. Л. Комаров писал по поводу смерти В. И. Вернадского:

«Есть люди, чья смерть производит впечатление безвременной утраты независимо от их возраста. В. И. Вернадский принадлежит к числу таких людей.

Каждое крупное открытие В. И. Вернадского было бы достаточно, чтобы сделать имя ученого мировым именем, у него было так много подобных открытий».

Вернадский был образованнейшим человеком своего времени. Обычно он трудился у себя в библиотеке. Число изученных им книг не поддается учету. Несколько раз за свою жизнь он сменил библиотеку, состоявшую из десятков тысяч томов! И несмотря на огромную научную работу, Владимир Иванович находил время читать художественную литературу и интересовался искусством, особенно музыкой.

Научные работы Владимира Ивановича написаны прекрасным литературным языком.

Вернадский был большим патриотом. В 1944 г. в годы Великой Отечественной войны, незадолго до смерти, он писал в своем дневнике:

«По окончании войны моральное значение в мировой среде русских ученых должно сильно подняться с огромным ростом русской науки и русского языка в ближайшем будущем. Мировое значение русской науки и русского языка в мировой науке будет очень велико, ранее небывалое».

Владимир Иванович Вернадский умер 82 лет, в 1945 г. У него, как у многих наших ученых, творческий гений не ослабевал до последнего дня жизни. И теперь, перечитывая статью ныне тоже покойного академика Л. С. Берга, написанную к пятидесятилетию научной деятельности Вернадского, понимаешь глубокий смысл его слов: «От старого ученика вечно юному учителю».

Среди учеников Вернадского было много крупнейших ученых нашей страны — покойный академик А. Е. Ферсман, академик А. П. Виноградов, проф. Я. В. Самойлов и многие другие.

Академик А. Е. Ферсман так вспоминал о своем учителе: «Еще стоит передо мной его прекрасный образ — простой, спокойный, образ крупного мыслителя; ясные, то веселые, то задумчивые, но всегда лучистые его глаза; несколько быстрая и нервная его походка, красивая седая голова, облик человека редкой внутренней чистоты, которая сквозила в каждом его слове, в каждом его движении и поступке».

Идеи Вернадского находят отражение почти во всех крупных минералогических и геохимических работах. Он был общепризнанным главой советских минералогов. Учрежденная в честь замечательного ученого В. И. Вернадского премия присуждается Академией наук СССР за лучшие научные работы по минералогии и геохимии.

АЛЕКСАНДР ЕВГЕНЬЕВИЧ ФЕРСМАН

Кто из школьников не читал книги А. Е. Ферсмана «Занимательная минералогия», кто мог остаться равнодушным, узнав об удивительных «волокнистых» камнях, из которых можно связать варежки, о камнях в живом организме, о съедобных камнях, о камнях, падающих с неба, и многом другом! Кто не увлекался книгой Ферсмана «Занимательная геохимия», мысленно совершая фантастическое путешествие в глубь Земли, знакомясь с атомами химических элементов в природе! Вместе с автором юный читатель, наверное, мечтал о времени, когда советские ученые смогут подчинить атом своей воле и использовать громадное количество энергии на благо народа. Молодежь увлекают и такие популярные книги Ферсмана, как «Воспоминания о камне», «Мои путешествия», «Рассказы о самоцветах», «Путешествия за камнем».

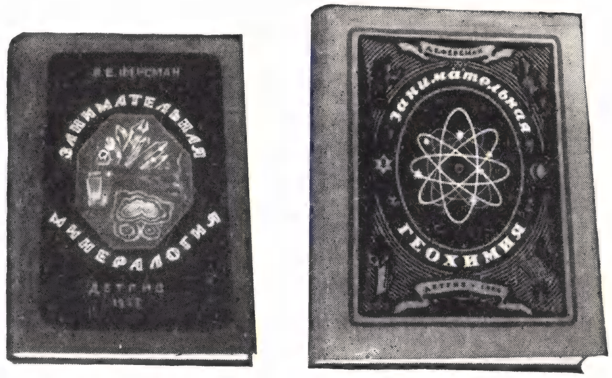
Академик Александр Евгеньевич Ферсман, наш крупнейший минералог и геохимик, был другом детей. Со многими юными любителями минералогии он переписывался. В архиве академика бережно хранятся три толстые папки, полные детских писем. На каждое письмо Александр Евгеньевич, как правило, отвечал. Не раз выступал он в Домах пионеров и в школах. Под влиянием Ферсмана многие школьники-пионеры брали в руки геологические молотки и шли на поиски полезных ископаемых. С радостью потом сообщали они ученому о своих походах и находках. Вместе с ними радовался и Александр Евгеньевич.

Ферсман родился в 1883 г. в Петербурге, но бóльшую часть детства провел в любимом им солнечном Крыму, неподалеку от Симферополя, в селении, которое теперь называется Ферсманово. По словам самого Александра Евгеньевича, он с шестилетнего возраста сделался «страстным минералогом». На каменистой горушке, недалеко от дома, мальчик старательно молотком выбивал плотно сидящие в породе кристаллики горного хрусталя, сияющие на солнце. Иногда он пробирался в заброшенные каменоломни. Не без страха входил он в таинственный полумрак пещер, но зато приносил оттуда удивительные камни. Посмотрев однажды сквозь один камень на буквы в книге (Ферсман умел читать уже в 5 лет), он увидел, что буквы удвоились. Камень оказался двупреломляющим кальцитом. Мальчик тогда не знал его названия. Он понимал только, что природа полна интереснейших тайн и загадок и что нужно во что бы то ни стало их разгадать.

Ученик Одесской классической гимназии Александр Ферсман любил бродить по берегу моря, выискивая камни для коллекции. Эти экскурсии научили его (как сам он позже писал) «очень трудной и сложной обязанности естественника — наблюдать». Учился Ферсман хорошо, но ему хотелось знать больше того, что написано в учебниках. Он читал много книг, делился со сверстниками впечатлениями о прочитанном и тогда уже мечтал стать минералогом.

В 1901 г. Александр Евгеньевич окончил гимназию и поступил в Одесский университет (называвшийся тогда Новороссийским), но в следующем году перешел в Московский. Он

Александр Евгеньевич Ферсман рассматривает образец апатитовой руды.



Книги А. Е. Ферсмана «Занимательная минералогия» и «Занимательная геохимия», изданные Детгизом.

привез свои коллекции в Москву и подарил их университетскому музею.

В университете Ферсман стал учеником знаменитого ученого — профессора минералогии Владимира Ивановича Вернадского, будущего академика (см. стр. 274). Его лекции увлекли молодого студента. Вернадский создал новое направление в минералогии. До Вернадского минералоги занимались главным образом описанием минералов, изучением их свойств и не интересовались их происхождением и изменением. Вернадский же раскрыл сложную и интересную картину «рождения» и «жизни» минералов. Каждый минерал, попав в новые условия, с течением времени меняется, составляющие его химические элементы вступают в новые соединения.

Ферсман был лучшим учеником Вернадского. Еще студентом он написал пять научных работ (первая вышла, когда Ферсману было около 20 лет). По окончании университета, в 1907 г., Александр Евгеньевич получил командировку за границу. Вернувшись на родину, он продолжал работать с Вернадским.

Вернадский и Ферсман создали новую науку — геохимию, изучающую поведение атомов химических элементов в земной коре.

«Еще недавно было время, когда массы значков полезных ископаемых лежали в беспорядке на пестром ковре нашей геологической карты. Казалось, не было никаких строгих законов, которые рассеивали бы эти знаки по полям разного цвета: одни из них накапливались вместе в горных районах, другие заполняли поля бывших морей и материков. Сейчас мы знаем, что распределение этих точек подчиняется глубочайшим законам геохимии»,— говорил Ферсман. Распределение полезных ископаемых — результат сложных путей миграции (перемещения) атомов, результат химических реакций определенных химических веществ в определенной химической и физической обстановке.

В 1912 г. Александр Евгеньевич стал профессором. Он прочел первый университетский курс геохимии. Молодой ученый не мыслил науки, оторванной от жизни, не приносящей пользы человеку. «В основе каждой истинной науки лежит связь теории и практики»,— говорил Ферсман. Он стремился раскрыть богатства недр своей родины, но царское правительство почти не отпускало средств на геологические исследования. Ферсман возмущался, что в России не используют богатейшие недра и ввозят из других стран минеральное сырье (уголь, фосфориты и пр.). С целью разведок он стал совершать путешествия, чаще на свои средства.

В 1915 г. ученые-патриоты во главе с В. И. Вернадским добились организации при Академии наук Комиссии по изучению естественных производительных сил России. Александр Евгеньевич стал одним из энергичнейших ее деятелей. Исследовательскую работу Ферсман начал на Урале. Его увлекало изучение «рождения» самоцветов и цветных камней — голубых топазов, зеленых изумрудов, фиолетовых аметистов, розовых и малиновых турмалинов, пестрых яшм и многих других. Впоследствии Александр Евгеньевич написал об этих камнях несколько книг. Основное внимание в течение 25 лет он уделял исследованиям пегматитовых жил, в которых обычно находятся ценные минералы (см. стр. 96). Ученый стремился выявить законы распределения минералов в различных по типу пегматитовых жилах. В результате длительных наблюдений и исследований Ферсман создал большой научный труд «Пегматиты», признанный в геологии классическим. Эта работа Александра Евгеньевича имеет не только научное, но и практическое значение. Она облегчает геологам-разведчикам поиски полезных ископаемых.

В первые же годы Советской власти партия и правительство поставили перед Академией наук как одну из основных задач исследование недр страны. На экспедиции стали отпускаться значительные средства. Александр Евгеньевич — в то время уже академик (его избрали в действительные члены Академии наук в 1919 г.) — стал организовывать одну геологическую экспедицию за другой. Начиная с 1920 г. он с группой студентов и молодых геологов

провел несколько экспедиций в пустынном тогда краю Кольского п-ва — Хибинах. Путешественники исходили горы и болота Хибинской тундры, страдали в горах от бурь и туманов, на болотах — от комаров, разъедавших до крови лицо и руки. Они совершали трудные переходы с тяжелой ношей за плечами. Но все трудности окупались открытием огромного месторождения апатита — камня плодородия, содержащего фосфор. Это было открытие мирового значения. Ферсман сам разработал новый способ получения из апатита фосфорных удобрений.

На Кольском же полуострове, в Монче-тундре, Александр Евгеньевич обнаружил медные и никелевые руды.

Ферсман совершил трудное и интересное путешествие в центр пустыни Каракумы. Там вместе со своим отрядом он едва не погиб без воды.

В Каракумах Александр Евгеньевич обнаружил большие залежи самородной серы. Раньше наша страна ввозила серу из-за границы, а после экспедиции Ферсмана началась разработка месторождения серы в Каракумах, где был построен первый в СССР серный завод.

Александр Евгеньевич провел также экспедиции на Алтай, в Забайкалье, в Карелию, на Кавказ и многие другие места.

Это не мешало ему выполнять множество других работ. Он был вице-президентом и членом президиума Академии наук СССР, директором Минералогического музея и Института кристаллографии, минералогии и геохимии. В то же время он напечатал свыше тысячи научных статей и книг. Одним из самых крупных трудов Александра Евгеньевича Ферсмана была «Геохимия». Лондонское геологическое общество присудило за нее Ферсману высшую награду — медаль им. Волластона, в свое время присужденную Дарвину и другим крупнейшим ученым мира.

Всю жизнь Александр Евгеньевич отдал любимой науке. Любовью к камню проникнуты все его книги. Особенно поэтично написаны «Воспоминания о камне». В этой книге автор обращается к молодежи с призывом: «Познавайте свою страну, свой край, свой колхоз, свою горушку или речонку! Не бойтесь, что малы эти горушки и речки, ведь из малого вырастает большое».

Умер Александр Евгеньевич Ферсман 20 мая 1945 г. в г. Сочи, у дорогого ему с детства Черного моря.

ВЛАДИМИР АФАНАСЬЕВИЧ ОБРУЧЕВ

Крупнейший ученый академик Владимир Афанасьевич Обручев (1863—1956) — один из самых талантливых советских геологов и географов.

Владимир Афанасьевич изучал Сибирь и Среднюю Азию, Крым и Кавказ, Северный Китай и Центральную Азию, Монголию и Джунгарию.

Кроме научных работ, он написал много научно-популярных книг, в том числе и научно-фантастические романы.

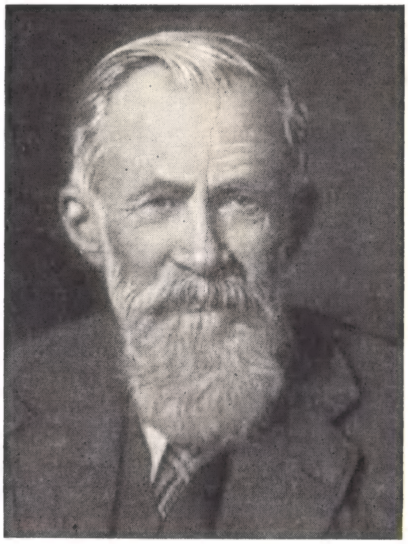
Еще в детстве Обручев мечтал о далеких путешествиях и открытиях. Отец Владимира Афанасьевича был пехотным офицером. Семья Обручевых вела полукочевой образ жизни, так как полк отца постоянно переезжал из одного города в другой. Это мешало мальчику учиться, и все же, кончив среднюю школу, он блестяще выдержал конкурсные экзамены сразу в два института — технологический и горный.

Обручев избрал горный институт, где могла осуществиться его мечта о путешествиях по неисследованным местам.

В 1886 г., после окончания горного института в Петербурге, молодой геолог, по рекомендации своего профессора, знаменитого геолога и крупного исследователя Средней Азии И. В. Мушкетова, направился в научную экспедицию в Закаспийский край (теперь Туркменская ССР). Там Владимир Афанасьевич изучал пески пустыни Каракумы и разработал способы закрепления движущихся песков, которые засыпáли полотно прокладывавшейся тогда Закаспийской железной дороги. Предложенные им способы закрепления песков, в частности разведение для этого местных растений-пескоукрепителей, сейчас широко при-

меняются. Обручев изучил также сухое русло легендарной реки Узбоя и доказал, что по Узбою текла в Каспийское море часть воды р. Аму-Дарьи. Эта точка зрения принята сейчас в науке.

За первые научные работы молодой путешественник был награжден серебряной и золотой медалями Русского географического общества.



Владимир Афанасьевич Обручев.

Стремясь изучить геологию малоисследованных окраин России, Владимир Афанасьевич в 1888 г. уехал в Иркутск, где стал первым и единственным штатным геологом в Сибири. В 1889—1892 гг. он исследовал Прибайкалье, долину р. Лены, Ленский золотоносный район. Обручев сделался крупнейшим специалистом в геологии золотоносных областей Сибири, его работы способствовали развитию золотопромышленности этого края.

В 1892 г. Русское географическое общество предложило Владимиру Афанасьевичу принять участие в экспедиции знаменитого путешественника Г. Н. Потанина в неизведанные пустыни и горы Центральной Азии. Владимир Афанасьевич получил самостоятельный маршрут и за два года один, без конвоя, прошел через Монголию, Ордос, Наньшань, восточный Тянь-Шань. Всего им было пройдено около 14 тыс. *км*, из них около 6 тыс. — по местам, где не бывал еще ни один европейский путешественник. Кроме маршрутной съемки на протяжении 9430 *км* и сборов богатых коллекций горных пород и окаменелостей, результатом этой экспедиции было опровержение взглядов немецкого геолога Рихтгофена, предполагавшего, что в третичном периоде всю Центральную Азию занимало море Хан-хай. Обручев доказал, что моря этого не существовало, а третичные отложения пустыни Гоби не что иное, как континентальные осадки. В них он нашел остатки скелета вымершего носорога — древнего сухопутного животного. Эта находка вызвала большой интерес и желание русских ученых организовать специальные поиски остатков вымерших третичных позвоночных в пустыне Гоби. Но осуществить это удалось лишь советским ученым в 1946—1949 гг., когда была организована палеонтологическая экспедиция в Монголию (см. стр. 230). Она подтвердила мнение Обручева и собрала ценнейшие коллекции костей и целых скелетов вымерших сухопутных животных в третичных и более древних отложениях.

Все работы Владимира Афанасьевича в Монголии и Китае имели огромное практическое значение для поисков и добычи полезных ископаемых.

Особенно большую ценность приобрели они, когда образовались Монгольская Народная Республика и Китайская Народная Республика.

После экспедиции в Китай Обручев, как один из крупнейших исследователей Азии, стал известен всему миру. Русское географическое общество наградило его высшей своей наградой — большой золотой медалью, которая выдавалась «за всякий необыкновенный и важный географический подвиг, совершение которого сопряжено с трудом и опасностью».

Возвратившись из Китая, Владимир Афанасьевич возобновил изучение геологии Сибири. В 1895—1898 гг. он ведет исследования в Забайкалье, а в 1901 г. — в Ленском золотоносном районе.

В этом же году Владимир Афанасьевич начинает организовывать первую высшую горную школу в Сибири — горное отделение Томского технологического института.

Кроме изучения Сибири, за эти годы Обручев исследовал и Западный Китай (пограничную Джунгарию), куда он совершил в 1905, 1906 и 1909 гг. три путешествия. Там он изучил совершенно неисследованный район между горными системами Алтая и Тянь-Шаня и установил, к каким из этих двух систем относятся находящиеся там горные хребты.

В 1912 г. за протест против притеснений высшей школы правительством министр просвещения уволил Обручева из Томского технологического института. Ученому пришлось покинуть любимую им Сибирь и переехать в Москву. Здесь он продолжал обрабатывать свои коллекции и материалы. Отсюда Владимир Афанасьевич ездил в экспедиции для исследования Кавказа, Крыма и Алтая. Особенно плодотворна была поездка на Алтай. В результате изучения геологии Алтая Владимир Афа-

насьевич выдвинул совершенно новую теорию происхождения рельефа современного Алтая, принятую теперь всеми учеными.

Великая Октябрьская социалистическая революция застала Обручева в экспедиции по Крыму.

Фронты гражданской войны отрезали ученого от Москвы, но и здесь он не прекращал научной деятельности: организовал научную работу и создал геологический кабинет в Таврическом университете.

С 1922 г. Обручев снова в Москве. Он целиком отдает себя педагогической работе во вновь организованной Московской горной академии (ныне Московский горный институт). Он воспитал несколько поколений молодых советских геологов и специалистов по разведке рудных месторождений. Обширные научные материалы, собранные Владимиром Афанасьевичем в молодые годы, богатый опыт и знания позволили ему начать большой труд, в котором он обобщил данные по геологии Сибири.

В. А. Обручев в экспедиции.
(Гравюра А. П. Журова.)

Им опубликованы трехтомное издание «Геология Сибири» и многотомный труд «История геологического исследования Сибири».

Последняя его работа — обзор всей литературы по геологии Сибири с XVII в. до наших дней. Для составления этого труда Владимиру Афанасьевичу пришлось прочитать более 11 000 книг, статей и рукописей. Эта работа не имеет себе равных в мировой геологической литературе.

В 1929 г. Обручев был избран академиком. Вскоре он стал во главе Геологического института Академии наук СССР. Особое внимание ученого привлекало изучение вечной мерзлоты.

Владимир Афанасьевич установил, что вся северная часть Сибири до шестидесятой параллели подвергалась оледенению в четвертичном периоде. С этим связано и широкое распространение вечной мерзлоты в этих районах. Вечная мерзлота широко распространена на земном шаре и занимает около 20—25% суши. В заполярных районах Советского Союза нельзя вести строительство, не зная, как «ведет себя» неоттаивающий лед, находящийся под строительными сооружениями. Для изучения районов вечной мерзлоты по инициативе В. И. Вернадского и В. А. Обручева была организована в Академии наук СССР Комиссия по изучению вечной мерзлоты, а позже был создан при Академии наук СССР специальный Институт мерзлотоведения, носящий сейчас имя Обручева. Этот институт имеет в районах вечной мерзлоты научно-исследовательские мерзлотные станции.

Обручев всегда с большим вниманием относился к нуждам молодежи, получающей геологическое образование в вузах нашей страны. Для нее он написал курс «Рудные месторождения» и «Полевая геология» — лучшие пособия для студентов и справочники для молодых геологов. Своими популярными книгами «Образование гор и рудных месторождений» и «Основы геологии» Владимир Афанасьевич способствовал распространению геологических знаний среди рабочих, колхозников, учащихся.

Для юношей и подростков-школьников Обручев написал увлекательные научно-фантастические и приключенческие романы «Плутония», «Земля Санникова», «Золотоискатели в пустыне», «В дебрях Центральной Азии». В них

наряду с научной фантастикой читатели найдут настоящую жизненную правду. Эти книги зовут молодежь к овладению наукой, к творческим исследованиям огромных пространств нашей родины.

Владимир Афанасьевич был награжден пятью орденами Ленина, орденом Трудового Красного знамени, а также медалями. За труды «Геология Сибири» и «История геологического исследования Сибири» он был дважды удостоен Сталинской премии.

Имя В. А. Обручева увековечено на географической карте. В Тувинской автономной области есть хребет Обручева, в верховьях р. Витим — вулкан, в Русском Алтае один из пиков носит его имя, в Монгольском Алтае есть ледник Обручева и еще на карте Азии можно найти места, связанные с именем этого замечательного геолога, исследователя Земли.

Таков в кратких чертах жизненный путь академика Владимира Афанасьевича Обручева, Героя Социалистического Труда, известного геологам всего мира ученого и путешественника, исследователя Азии.

Справочный отдел

КАК СОБИРАТЬ КОЛЛЕКЦИИ МИНЕРАЛОВ

Одно из самых любимых занятий молодежи — собирать естественнонаучные коллекции. Одни увлекаются составлением гербария, другие — собиранием бабочек и жуков, третьи — минералов.

Попробуйте собрать коллекцию минералов для школы. Хорошо подобранная коллекция может быть очень полезна: по ней можно изучать минералы, их важнейшие свойства, узнать, какими ценными ископаемыми богат ваш район. Может быть, ваши сборы помогут обнаружить месторождения полезных минералов для промышленности.

Некоторые считают, что собрать интересную коллекцию минералов можно лишь в горных районах, например на Урале, а в равнинных областях, например в Московской, Курской, ничего интересного не найдешь.

Это не так. Конечно, в таких богатых полезными ископаемыми районах страны, как Урал, Алтай, Забайкалье, коллекции минералов будут очень разнообразны, но и в любом другом месте можно найти немало интереснейших минералов.

Минерал вивианит в раковине.

Обратите внимание, например, на карьеры торфоразработок. Их очень много на Русской равнине. Нередко на темно-коричневом фоне торфа видны прослойки минерала вивианита очень красивого бирюзового или сине-зеленого цвета. Он состоит из соединения фосфора, бывшего в растениях, из которых образовался торф, и железа, широко распространенного в почвенных водах в виде окислов (ржавчины). Вивианит не только красивый, но и полезный минерал: высушенный и растертый с олифой, он дает синюю краску.

Следует взять в коллекцию и образец торфа: это тоже интересное и ценное ископаемое. Известно немало случаев, когда торфяники, обнаруженные комсомольцами и

пионерами во время походов по родному краю, немедленно начинали разрабатывать.

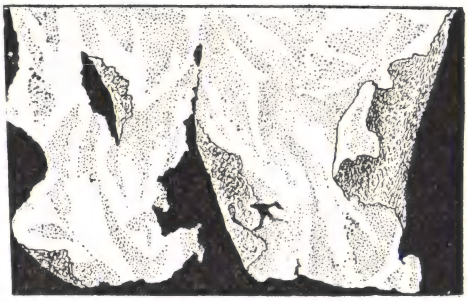
Богатые сборы минералов можно иногда сделать и в районах, где распространены известняки. В пустотах и в трещинах этой горной породы можно найти «щетки» прозрачных кристаллов кальцита. Иногда попадаются кристаллы кварца.

Среди известняков можно увидеть скелеты некоторых ископаемых животных, раковины, иглы морских ежей, чашечки и стебли морских лилий, состоящие из кальцита. В пустотах среди слоев известняка могут встретиться своеобразные «сосульки» — сталактиты, образованные кристалликами кальцита, и сплошные, округлой формы желваки — конкреции, состоящие из кремнезема с незначительной примесью глинистых частиц и бурых окислов железа. Это всем известный минерал — кремень. Если расколоть такую кремнёвую конкрецию, то иногда можно обнаружить внутри небольшую пустоту, заполненную сверкающими кристалликами горного хрусталя. Недалеко от Москвы, близ деревни Русавкино (Горьковская ж. д.) можно найти конкреции, внутри которых встречаются кристаллы фиолетового аметиста.

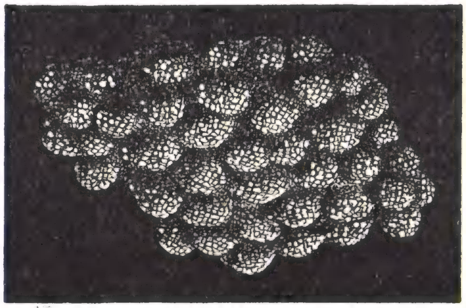
Между слоями известняка в трещинах иногда находят минерал, очень похожий на картон или грубую бумагу. Он так и называется: «горная бумага», «горная кожа». Этот минерал в воде не тонет, а плавает на поверхности. Если горная бумага встречается в достаточном количестве в виде крупных листов, то ее применяют иногда как несгораемый картон в строительстве вместо асбеста. По составу это соединения магния, алюминия и кремнезема.

Кроме красивых минералов, бросающихся в глаза, есть много незаметных, но также нужных и интересных.

Вот что писал о составлении коллекции минералов крупнейший советский ученый-минералог акад. Александр Евгеньевич Ферсман:



Горная бумага.



Кристаллы марказита в глине.

«Собирание красивых кристаллов обычно очень заманчиво, и поиски красивых камней нередко делаются своего рода спортом, увлекающим и вместе с тем требующим внимательности, наблюдательности и упорства. Гораздо сложнее и менее привлекателен сбор некрасивых, часто илистых или землистых минералов на земной поверхности. Простой любитель камней обычно проходит мимо них и неохотно кладет их в свою коллекцию, тогда как минералог, как химик земной коры, неизбежно должен обращать на них особое внимание».

У нас в СССР в огромном количестве используются для разных отраслей производства многие сорта глин с самыми разнообразными свойствами.

Для кирпичного и фарфоро-фаянсового производства идут глины огнеупорные; они применяются также в металлургии. Некоторые сорта глин используются для очистки нефтяных масел и других веществ, для обезжиривания тканей, шерсти, а также как природные краски. Как же можно проходить мимо таких важных полезных ископаемых!

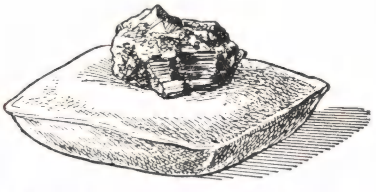
Образцы глин, которые вы встретите, всегда следует брать и сообщать о своих находках через учителя или директора школы в краеведческий музей.

В глине могут оказаться приятные сюрпризы: в некоторых случаях встречаются в довольно большом количестве кристаллы минерала марказита, очень похожего по металлическому блеску и латунно-желтому цвету на широко известный минерал пирит. Особенно интересны сростки кристаллов марказита в виде золотистых шариков-ежиков.

Как видите, и равнинные области нашей родины, где распространены осадочные породы (см. стр. 97), также очень интересны для минералога.

В горных районах, где преобладают метаморфические и магматические породы (см. стр. 101 и 89), можно собрать особенно разнообразные и богатые коллекции минералов. В них могут

быть различные рудные минералы, вроде пирита, свинцового блеска, цинковой обманки, халькопирита, магнетита и др., а также минералы пегматитовых жил: слюды, полевые шпаты, горный хрусталь, дымчатый кварц и многие другие, образующиеся в глубоких недрах Земли, в условиях высоких температур и больших давлений.



Подушка с песком для обработки образцов.

КАК СОСТАВЛЯЮТ КОЛЛЕКЦИЮ

Коллекции минералов могут быть различны. Прежде всего следует собрать с и с т е м а т и ч е с к у ю коллекцию, в которой различные минералы будут подобраны в определенном порядке, по классам (см. стр. 88). Эту коллекцию, где будут представлены минералы различных классов, надо подбирать тщательно, постоянно пополняя ее все новыми и новыми минералами и постепенно заменяя менее удачные образцы более наглядными, лучшего качества.

Такая коллекция поможет ознакомиться с различными минералами и определить те, которые вы соберете.

Другой характер носят коллекции минералов из какого-либо о д н о г о м е с т о р о ж д е н и я. В них должны быть представлены не только интересующие вас минералы, но и породы, в которых они залегают в данном месторождении (например, жилы кварца с сульфидами, пиритом, галенитом и другими минералами).

Такая коллекция представляет собой как бы модель природного месторождения. К коллекции следует приложить зарисовку или план месторождения, обозначив условными знаками места, где был взят тот или иной образец.

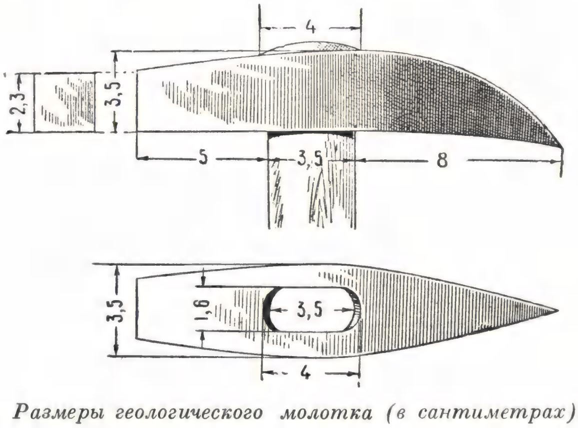
Вместе с минералами для своей коллекции всегда нужно брать лишние образцы (дублеты) для обмена. Списавшись с юными геологами других школ, вы сможете получить от них в обмен на ваши минералы те, которых нет у вас.

РАЗМЕРЫ И ВНЕШНИЙ ВИД ОБРАЗЦОВ ДЛЯ КОЛЛЕКЦИИ

Образцы минералов в коллекциях должны, по возможности, иметь форму параллелепипеда, примерно 5×7 *см* при 2—3 *см* толщины. Они должны быть аккуратно выбиты из свежих, невыветрившихся кусков породы. В отношении же минералов, встречающихся, например, в виде сростков кристаллов, возможны, конечно, отступления; важно лишь, чтобы образец имел все-таки аккуратный вид.

Каждый образец должен представлять взятый минерал возможно нагляднее. Лишнюю породу нужно отбить, отпилить. Делают это таким образом: мешочек из плотной ткани набивается до половины тонким сухим просеянным песком так, чтобы получилась подушка 20×30 *см* при толщине 10—15 *см*. Ее кладут на прочный стол, плотно прижимают к ней образец и отбивают ненужные части резкими и точными ударами молотка.

Надо внимательно рассмотреть образец и заранее наметить все лишнее, что необходимо отбить, и проверить, нет ли каких-нибудь трещинок, по которым раскол может пойти в нежелательном направлении. После отбивки образец станет компактнее, будут лучше выделяться главные минералы. Если образец плотный и минералы погружены в породу, то можно

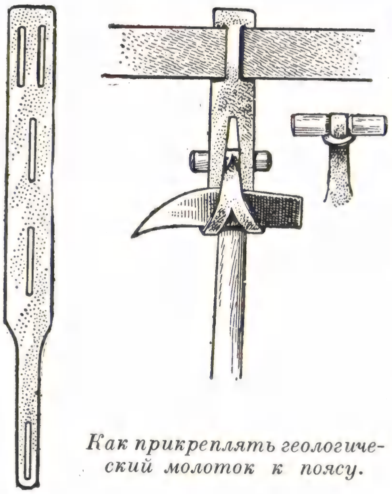


Размеры геологического молотка (в сантиметрах).

отбить лишние части точными, резкими, не затяжными ударами молотка, держа образец левой рукой на весу. Когда же на минерале есть опасные трещинки, лучше не рисковать. Если порода не очень твердая, попробуйте снять ненужное рашпилем или напильником. Но, если на образце имеются наросшие кристаллы, будьте осторожнее: при ударе они могут отскочить. Отбивайте образец, прижав к подушке.

Если удар будет скользящий, то вместо четкого скола на минерале останется некрасивый белый след, который можно уничтожить только новым сколом.

Отбивать можно любым молотком, но гораздо удобнее работать специальными геологическими, из прочной стали. Молоток во всяком случае должен иметь квадратный боек. Образец отбивают ребром бойка. Длина рукоятки молотка при работе в шахте и с кристаллическими породами не должна превышать 20 *см*; для рыхлых же пород рекомендуется молоток с ручкой длиной 40—50 *см*. Держать рукоятку надо за конец, в противном случае удар будет неправильным и молотком можно повредить пальцы левой руки. При отбивке часто применяются также и обычные слесарные зубила с лезвиями шириной от 2—3 *мм* до 2 *см*. Последними обычно пользуются при обработке наиболее хрупких минералов.

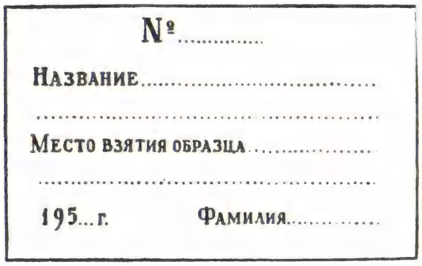


Как прикреплять геологический молоток к поясу.

Кроме молотка и зубила, при поисках минералов для составления коллекции надо иметь при себе: 1) лупу, 2) фарфоровую неглазурованную пластинку («бисквит»), 3) 10%-ный раствор соляной кислоты в склянке с притертой пробкой, 4) оберточную бумагу, 5) несколько десятков пронумерованных мешочков из плотной ткани, 6) лейкопластырь и т. д.

Если образец (его называют штуфом) представляет собой обломок кальцитовой жилы, в которой заключены минералы, то можно попытаться выделить их, растворив кальцит в соляной кислоте. Возьмите подходящих размеров фарфоровый или стеклянный сосуд, налейте в него соляной кислоты, разбавленной равным объемом воды, и погрузите в него ваш штуф. Кальцит растворится, и кристаллы заключенных в нем минералов обнажатся. Следует совершенно отделить 3—4 кристалла, а затем погрузить образец в кислоту настолько, чтобы кристаллы только частично обнажились; тогда вы не только получите хорошие образцы кристаллов, но по образцу можно будет судить, как они помещались в кальцитовой жиле.

КАК ПИСАТЬ ЭТИКЕТКИ



№..............

Название....................................

....

Место взятия образца.....................

....

195... г.   Фамилия...............

Образец этикетки.

Этикетки надо писать в двух экземплярах немедленно после взятия образца, лучше всего в записной книжке. Копия позволит восстановить этикетку, если она случайно порвется или утеряется. Сверху в уголке этикетки пишут номер, в первой строке крупным шрифтом — предполагаемое название минерала, ниже, более мелким шрифтом,— место, где был взят образец, название месторождения, его местонахождение, внизу — фамилию взявшего образец и дату. Правильно определить минерал вам помогут наши определитель минералов и определитель горных пород (см. стр. 289 и 297).

УКЛАДКА ОБРАЗЦОВ

Если предстоит дальняя перевозка собранных на экскурсии образцов, то их надо тщательно завернуть и уложить. Упаковывать надо так: в уголок бумаги завертывается сложенная этикетка, затем в этот же лист заворачивается образец, а конец листа подвертывается, как это делают в магазинах, когда завертывают небольшие свертки. Крупные образцы следует перевязать шпагатом.

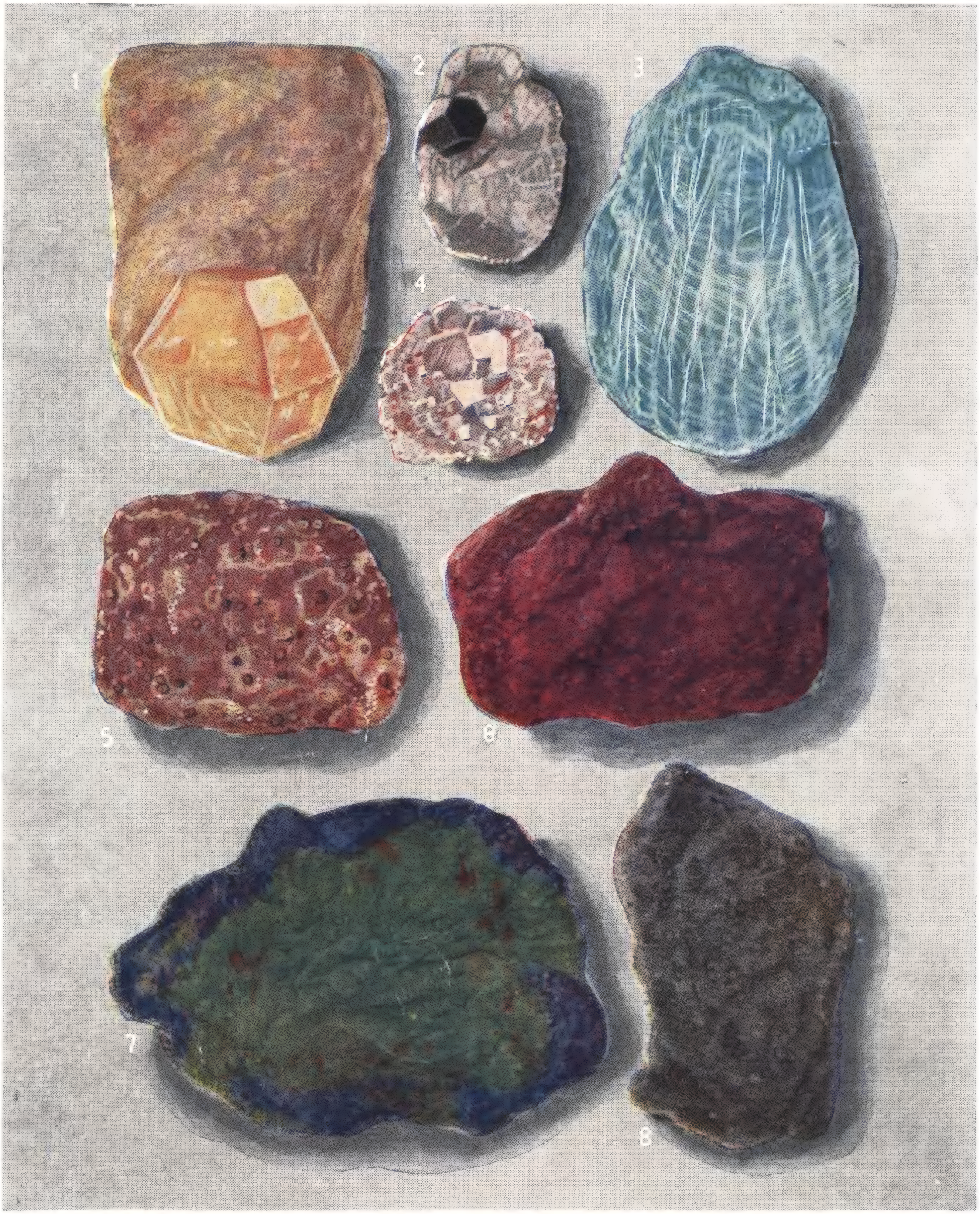
Если у вас нет бумаги, маркируйте ваши образцы, т. е. нанесите на них где-нибудь сбоку белую или светлую эмалевую краску в виде небольшой площадки. Когда краска высохнет, чертежным перышком нанесите соответствующий номер по вашей этикетной книжке. Теперь можете спокойно укладывать образцы без бумаги в рубленую солому (саман), полову, мелкие хвойные веточки. Следите только, чтобы образцы не соприкасались. Укладывать надо как можно плотнее, иначе при дорожной тряске образцы будут тереться друг о друга.

РАЗМЕЩЕНИЕ КОЛЛЕКЦИЙ

Для размещения коллекций можно приспособить обычный канцелярский шкаф. На каждой полке сделайте по три слегка наклонных вперед ступеньки — полочки, опирающиеся на

МИНЕРАЛЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ БЛЕСКОМ

1 — радиально-лучистые кристаллы антимонита — сурьмяного блеска — на барите; 2 — кристалл пирита — серного колчедана; 3 — галенит (темный) — свинцовый блеск — в кварце; 4 — кристалл галенита в барите; 5 — натечный гематит — так называемая «красная стеклянная голова»; 6 — кристалл железного блеска; 7 — кусок сплошного гематита — красного железняка; 8 — кристаллы магнетита в хлоритовом сланце.



МИНЕРАЛЫ С НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМ БЛЕСКОМ

1 — кристалл серы и вкрапления серы в породе; 2 — кристалл биотита — черной слюды — в породе; 3 — тальк; 4 — сильвин (белый); 5 — боксит оолитовый; 6 — киноварь; 7— малахит (зеленый) и азурит (синий); 8 — пиролюзит.

ФЛЮОРИТЫ И ДРУГИЕ МИНЕРАЛЫ

1 — флюорит — плавиковый шпат; 2 — кристаллы кальцита — известкового шпата; 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11 — разновидности флюорита; 7 — ангидрит; 9 — сросток кристаллов флюорита.

АПАТИТ И ДРУГИЕ МИНЕРАЛЫ

1, 3, 4, 6, 7, 9 — кристаллы апатита; 2 — апатит (светлый) с нефелином (темный); 5 — прожилки асбеста в змеевике; 8 — цинковая обманка — сфалерит — скорлуповатого строения; 10 — кристалл цинковой обманки в породе.

МИНЕРАЛЫ

1 — полевой шпат — адуляр; 2 — полевой шпат — амазонит; 3 — полевой шпат — микроклин; 4 — кристаллы граната в породе; 5 — гранат демантоид; 6 — гранат гессонит; 7 — зеленые кристаллики уваровита; 8 — натечный сталактитовидный лимонит; 9 — сплошной лимонит; 10 — роговая обманка; 11 — иризирующий лабрадор.

МИНЕРАЛЫ

1 — 2 — аметисты; 3 — друза горного хрусталя; 4 — кристалл цитрина; 5 — дымчатый кварц; 6 — морион; 7 — горный хрусталь с включениями кристаллов рутила; 8 — молочный кварц (аморфный и кристалл); 9 — розовый кварц; 10 — железный кварц; 11 — кварц с включениями асбеста — так называемый «волосатик»; 12 — кремень с примесью частиц глины, песка и пр.

ХАЛЦЕДОНЫ

1 — галька; 2 — натечный гроздевидный халцедон; 3 — слоистый халцедон; 4 — сапфирин; 5 — сердолик; 6 — плазма; 7 — почковидный халцедон; 8 — сард (сардер); 9 — хризопраз; 10 — халцедон с дендритами окислов марганца; 11 — гелиотроп.

Таблица 8.

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ЯШМЫ И АГАТА

1 — яшма одноцветная; 2 — яшма пятнистая; 3 — яшма слоистая; 4 — яшма ленточная; 5 — многоцветный агат; 6 — одноцветный агат; 7 — яшма волнистая; 8 — яшма струйчатая; 9 — парчовая яшма; 10 — брекчиевидная яшма; 11 — копейчатая яшма; 12 — пестроцветная яшма.

две боковые стойки, выпиленные из доски толщиной 1,5—2 *см*. Тогда все образцы будут лежать наклонно и «смотреть на вас». Прибейте в нижней части полочек узенькие рейки: они не позволят образцам скатиться.

Каждый образец будет несравненно эффектнее выглядеть, если он будет лежать на подставке. Ее можно сделать из дощечки 15—16 *мм* толщиной со скошенным передним краем. Дощечка подбирается по размеру образца. На скошенный край ее кладут этикетку и прикрывают соответствующего размера целлофаном. Чтобы последний не соскальзывал, его закрепляют клеем или двумя маленькими, по возможности незаметными, гвоздиками или булавками, у которых головки отрезаны кусачками.

Перед укладкой минералов на полки их следует почистить. Прочные минералы можно мыть в тепловатой воде с помощью щетки, более же хрупкие моют очень осторожно, ограничиваясь только многократным ополаскиванием в тепловатую воду.

Подставочка под образец минерала.

Вымытые минералы кладут на наклонные доски, чтобы вода стекла с них как можно скорее.

Если вы внимательно искали минералы, тщательно обработали собранные образцы и правильно определили их, ваша коллекция будет хорошим пособием при изучении минералов. Покажите ее при первой возможности специалисту — геологу или минералогу. Он поможет вам определить неизвестные минералы, проверить правильность ваших этикеток. Если в коллекции окажутся интересные минералы, важные для науки и промышленности, она принесет еще бо́льшую пользу.

КАК УЗНАТЬ, КАКОЙ ЭТО МИНЕРАЛ

Минералы отличаются определенным химическим составом и внешними физическими признаками. К ним относятся: блеск, твердость, цвет, характер излома. Определить минералы по внешним признакам — дело нетрудное, но оно требует внимания и аккуратности.

Кристаллы кальцита.

Определение химического состава минерала — более сложная задача. В нашем определителе приводятся формулы лишь тех минералов, которые имеют несложный химический состав.

Прочитав эту главу, вы ознакомитесь с приемами определения наиболее распространенных минералов.

Цветные таблицы для определения помогут узнать название минерала, который попал вам в руки.

При определении минералов по внешнему виду нужно сперва обратить внимание на общие для всех минералов признаки, а затем уже рассматривать особенности, отличающие их друг от друга.

В первую очередь обратите внимание на блеск минерала.

Большинство минералов благодаря отражению своими поверхностями лучей света блестит, и лишь некоторые из них — матовые — лишены блеска.

По блеску минералы легко делятся на две группы: минералы с *металлическим блеском* и минералы с *неметаллическим блеском*.

Блеск металлический:

1. *Металлический блеск* напоминает блеск поверхности свежего излома металлов. Металлический блеск лучше виден на свежей (неокисленной) поверхности металла. Минералы, обладающие металлическим блеском, непрозрачны и более тяжелы по сравнению с минералами, имеющими неметаллический блеск. Иногда вследствие процессов окисления минералы, имеющие металлический блеск, покрываются матовой коркой.

Металлический блеск характерен для минералов, являющихся рудами различных металлов. Примерами минералов, имеющих металлический блеск, могут служить золото, медный колчедан, свинцовый блеск.

2. *Металловидный блеск* — более тусклый, как у потускневших от времени металлов. Пример: магнитный железняк.

Блеск неметаллический:

1. *Стеклянный блеск* напоминает блеск поверхности стекла. Им обладают: каменная соль, горный хрусталь.

2. *Алмазный блеск* — искрящийся, напоминает стеклянный, но более сильный. Примеры: алмаз, цинковая обманка.

3. *Перламутровый блеск* подобен блеску перламутра (поверхность минерала отливает радужными цветами). Часто наблюдается, например, у кальцита, слюды.

4. *Шелковистый блеск* — мерцающий. Характерен только для минералов, имеющих волокнистое или игольчатое строение. Пример: асбест.

5. *Жирный блеск* имеет ту особенность, что поверхность минерала кажется как бы смазанной жиром. Иногда и сам минерал жирен на ощупь, как например тальк.

6. *Восковой блеск* подобен жирному, но более слабый. Пример: халцедон.

Матовые минералы лишены блеска и напоминают землистые массы. Пример: боксит.

Блеск лучше всего наблюдать на свежем изломе минерала или на свежей поверхности граней его кристаллов. После того как вы установите характер блеска, необходимо определить твердость минерала.

Твердость минералов

Твердость минерала — это то сопротивление, которое он оказывает, когда вы царапаете его каким-нибудь другим предметом или минералом. Если испытуемый минерал мягче, чем тот, которым вы царапаете по его поверхности, то на нем останется след — царапина.

Учеными составлена следующая шкала твердости минералов:

Название минерала	Твердость
тальк	1
гипс	2
кальцит	3
флюорит	4
апатит	5
полевой шпат	6
кварц	7
топаз	8
корунд	9
алмаз	10

Громадное большинство минералов, распространенных в земной коре, обладает твердостью, не превышающей 7. Только незначительное количество имеет бо́льшую твердость.

Распознавать твердость минералов можно с помощью ногтя и осколка обыкновенного стекла.

По твердости все минералы разбиваются на три группы:

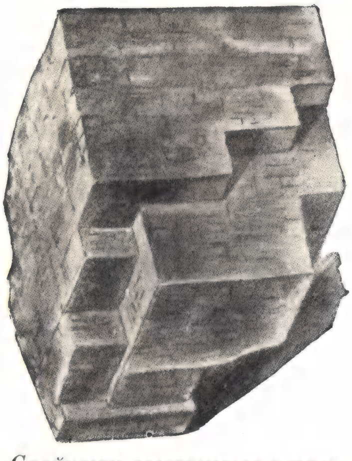
1. *Мягкие минералы* (ноготь оставляет царапину на минерале). Примеры: тальк, графит, гипс.

2. *Минералы средней твердости* (ноготь не оставляет царапины на минерале; минерал не оставляет царапины на стекле). Примеры: кристаллический кальцит, медный колчедан, или халькопирит.

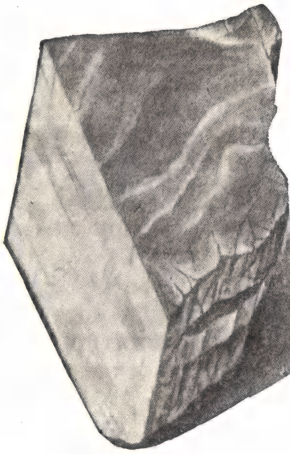
3. *Твердые минералы* (минерал оставляет царапину на стекле). Примеры: кварц, полевые шпаты.

После испытания надо стереть порошок, т. е. раздробленные частицы минерала, с его поверхности и убедиться, что на минерале действительно остался след, так как порошок мог образоваться из того минерала, которым царапали.

Цвет черты (или, другими словами, цвет порошка) у некоторых минералов не отличается от цвета самого минерала; но встречаются и такие минералы, цвет порошка которых резко отличается от их цвета. Например, кальцит бывает бесцветный, белый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый,

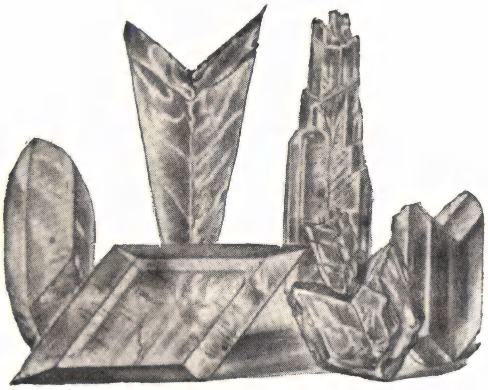


Спайность совершенная в трех направлениях у галенита.



Спайность по двум направлениям у полевого шпата.

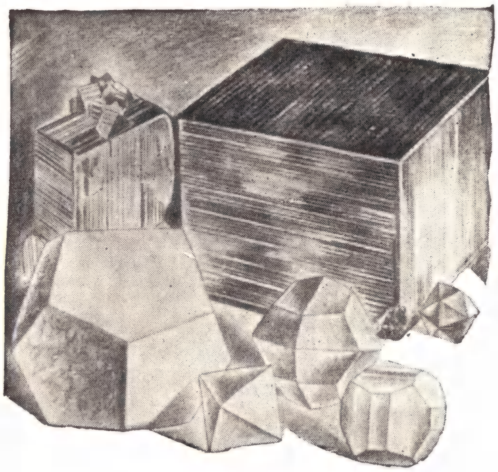
Графит.



Кристаллы гипса.

Фосфориты.

Мусковит.



Пирит.

бурый, черный; порошок же у кальцита всегда белый.

Для получения порошка минерала (т. е. черты) применяется шероховатая, не покрытая глазурью фарфоровая пластинка — так называемый бисквит. Заменить бисквит можно черепком неглазурованного фарфора или осколком фаянсовой посуды, предварительно сняв с него наждачной бумагой или напильником гладкий слой глазури.

Если провести минералом по поверхности бисквита или по шероховатому излому фарфорового осколка, минерал оставит черту.

Все мягкие и средней твердости минералы, за небольшим исключением, дают черту; большинство твердых минералов черты не дает.

Если нет под рукой фарфоровой пластинки, можно, поскоблив минерал ножом, получить тонкий порошок. Для определения цвета черты этот порошок следует растереть на белой бумаге.

Ц в е т оказывается постоянным признаком для немногих минералов. Так, например, малахит — всегда зеленый, золото — золотисто-желтое и т. д. Для большинства минералов этот признак непостоянен. Для определения цвета минерала необходимо получить с в е ж и й и з л о м.

И з л о м ы минералов также могут быть различны. Так, например, кремень отличается *раковистым* изломом, свинцовый блеск — *ступенчатым* изломом, многие минералы имеют *землистый*, *занозистый* и другие изломы.

Вид излома зависит от физических свойств минерала, его кристаллического строения и твердости.

Для некоторых минералов характерна с п а й н о с т ь, т. е. способность раскалываться или расщепляться по определенным направлениям. При этом образуются гладкие, блестящие плоскости раскола. Например, слюды характеризуются ярко выраженной спайностью. Они могут легко разделяться на тонкие гладкие листочки в одном направлении. Хорошо выраженной спайностью по трем направлениям отличается каменная соль: если раскалывать обломок кристалла каменной соли, то все осколки будут иметь правильную форму куба.

У д е л ь н ы й в е с не является важным признаком для большинства минералов, но для минералов, в состав которых входят такие тяжелые элементы, как, например, свинец, удельный вес имеет большое значение при определении.

Классификация минералов по внешним признакам не требует определения удельного веса с большой точностью. Достаточно разделить минералы на две основные группы: *легкие* и *тяжелые*.

Для некоторых минералов отличительным признаком является м а г н и т н о с т ь. Минералы, содержащие железо, иногда обладают магнитностью, например магнитный железняк. Магнитность у других минералов, содержащих железо, проявляется после прокаливания.

Для определения магнитности минералов используется магнитная стрелка, подвешенная на тонком острие, а в полевых условиях работы — стрелка компаса. Минералы, обладающие магнитными свойствами при поднесении их к магнитной стрелке, притягивают ее к себе.

Некоторые минералы, имеющие в своем составе углекислоту, под действием соляной кислоты (10 %-ный раствор) выделяют в виде пузырьков углекислый газ — как говорят, минерал «вскипает». Сюда относятся: кальцит, малахит и горные породы — мел, известняк.

Существуют минералы, которые можно распознать н а в к у с, например каменная соль, калийные соли (сильвин, карналлит) и др.

Приступая к определению неизвестного минерала, используйте прежде всего первую часть нашего определителя, т. е. «Ключ к определителю минералов».

По ключу первым делом вы должны установить, какой блеск имеет ваш минерал — металлический или неметаллический. Установив это, вы последовательно определяете твердость минерала, цвет черты и т. д. Полученные данные о минерале приведут вас в конце концов к определенным страницам второй части определителя, где описываются различные минералы. В «Ключе к определителю минералов» эти страницы указаны.

Если появится необходимость исследовать минерал на г о р е н и е или п л а в к о с т ь, следует отколоть от него маленький кусочек, зажать его кончиками пинцета и ввести в пламя свечи, спиртовки или газовой горелки. Некоторые минералы, как например янтарь, загораются даже в пламени спички.

КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛИТЕЛЮ МИНЕРАЛОВ

I. БЛЕСК МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ

1. Ноготь оставляет царапину на минерале, стр. 293, *а, б*.

2. Ноготь не оставляет царапины на минерале; минерал не оставляет царапины на стекле:

Черта желтая, бурая, красная, стр. 293, *в, г*.
Черта серая до черной, стр. 293, *д, е*.

3. Минерал оставляет царапину на стекле:

Цвет желтый, стр. 293, *ж*.

Цвет темно-серый, черный, стр. 293, *з* и 294, *и, к* (вверху).

II. БЛЕСК НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ

1. Ноготь оставляет царапину на минерале:

Горит или легко плавится, стр. 294, *а, б, в, г, д, е*.
Не горит:
Черта белая или черты не дает:
Имеет вкус, стр. 294, *ж, з, и*.
Вкуса не имеет, стр. 294, *к, л, м, н, о, п*.
Черта желтая, оранжевая, бурая, красная, стр. 294, *р, с*.
Черта зеленая, стр. 294, *т*.
Черта голубая, синяя, стр. 294, *у*.
Черта серая до черной, стр. 294, *ф, х*.

2. Ноготь не оставляет царапины на минерале; минерал не оставляет царапины на стекле:

Горит или легко плавится, стр. 295, *а, б, в, г*.
Не горит:
Черта белая или черты не дает:
Имеет вкус, стр. 295, *д, е, ж*.
Вкуса не имеет, стр. 295, *з, и, к, л, м, н, о, п*.
Черта желтая, бурая, красная, стр. 295, *р, с, т, у, ф*.
Черта зеленая, стр. 296, *х*.
Черта голубая, фиолетовая, стр. 296, *ц, ч*.
Черта серая до черной, стр. 296, *ш, щ*.

3. Минерал оставляет царапину на стекле:

Бесцветный, цвет белый, сероватый, стр. 296, *а, б, в*.

Цвет желтый, бурый, розовый, красный, стр. 296, *г, д, е, ж, з, и, к*.

Цвет темно-зеленый, стр. 296, *л*.

Цвет голубовато-серый, фиолетовый, стр. 296, *м, н*.

Цвет темно-серый, черный, стр. 296, *о, п, р, с* и 297, *т*.

Окраска минерала пестрая, многоцветная, стр. 297, *у, ф*.

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

I. БЛЕСК МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ

1. Ноготь оставляет царапину на минерале.

а) Графит (C). Цвет стально-серый, железно-черный. Растирается пальцами в черную пыль.

б) Сурьмяный блеск, или *антимонит* (Sb_2S_3). Цвет свинцово-серый, стально-серый; иногда наблюдается налет синеватого или черного цвета. Имеет вид сплошной массы игольчатого или призматического строения, а также удлиненных кристаллов. Тонкий осколочек плавится в пламени свечи. Ножом легко истирается в порошок. Спутником сурьмяного блеска является *киноварь* (красного цвета); она часто встречается в этом минерале в виде вкраплеников.

2. Ноготь не оставляет царапины на минерале; минерал не оставляет царапины на стекле.

Черта желтая, бурая, красная:

в) Золото самородное (Au). Цвет золотисто-желтый. Черта золотисто-желтая, металлически блестящая. Тяжелое.

г) Бурый железняк, или *лимонит* ($Fe_2O_3 \cdot n\,H_2O$). Цвет черный, местами ржаво-бурый, охряно-желтый. Черта ржаво-бурая, охряно-желтая.

Черта серая до черной:

д) Свинцовый блеск, или *галенит* (PbS). Цвет свинцово-серый. Тяжелый. При ударе распадается на мелкие кубики и обнаруживает характерный ступенчатый излом. Спутники: *цинковая обманка* (бурого цвета), *серный колчедан* (светлый латунно-желтый), *медный колчедан* (латунно-желтого цвета).

е) Медный колчедан, или *халькопирит* ($CuFeS_2$). Цвет латунно-желтый, золотистый, более яркий, чем у серного колчедана.

3. Минерал оставляет царапину на стекле.

Цвет желтый:

ж) Серный колчедан, железный колчедан, или *пирит* (FeS_2). Цвет светлый латунно-желтый. Черта черная со слабым зеленоватым оттенком. Встречается в виде сплошных зернистых масс, вкраплений или отдельных кристаллов.

Цвет темно-серый, черный:

з) Бурый железняк, или *лимонит*[1]

[1] Некоторые минералы, например бурый железняк, сера, каменный уголь и др., отличаются меняющимися твердостями, поэтому они несколько раз повторяются в определителе, попадая в разные группы.

($Fe_2O_3 \cdot n\,H_2O$). Цвет черный, местами ржаво-бурый, охряно-желтый. Черта ржаво-бурая, охряно-желтая.

и) *Красный железняк*, или *гематит* (Fe_2O_3). Цвет железно-черный. Черта вишнево-красная (цвета спелой вишни).

к) *Магнитный железняк*, или *магнетит* (Fe_3O_4). Цвет железно-черный, темно-серый. Черта черная. Магнитный.

II. БЛЕСК НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ

1. Ноготь оставляет царапину на минерале.

Горит или легко плавится:

а) *Сера самородная* (S). Цвет светло-желтый, зеленоватый, бурый, серый, черный. Загорается от спички и горит голубым пламенем, выделяя резкий удушливый запах.

б) *Янтарь*. Цвет медово-желтый, бурый, красно-бурый, черный, белый. Загорается от спички и горит, выделяя приятный гвоздичный запах.

в) *Торф*. Матовый. Цвет бурый, желтый. Состоит из измененных растительных остатков. Очень легкий. В сухом состоянии загорается от спички.

г) *Бурый уголь*. Матовый. Цвет бурый, черный. Черта бурая. Сплошная плотная или землистая масса.

д) *Каменный уголь*. Цвет темно-коричневый до черного. Черта темно-бурая.

е) *Антрацит*. Цвет черный. Черта черная. Блестящий. Хрупкий.

Не горит:

Черта белая или черты не дает:

Имеет вкус:

ж) *Сильвин* (KCl). Цвет молочно-белый, розоватый. Вкус горьковато-соленый. Легко раскалывается по граням куба.

з) *Мирабилит*, или *глауберова соль* ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$). Бесцветный или белого цвета. Вкус горько-соленый, холодящий. На воздухе теряет воду и покрывается налетом белого порошка, легко рассыпающегося.

и) *Карналлит* ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$). Цвет красный, желтоватый, реже белый или бесцветный. Вкус горький. Легко растворяется в воде и даже под действием влаги, содержащейся в воздухе, может превращаться в жидкость. В связи с этим карналлит следует хранить в хорошо закупоренных сосудах. Излом неровный.

Все эти три минерала изредка встречаются в виде отдельных кристаллов, чаще же образуют зернистые плотные массы.

Вкуса не имеет:

к) *Белая глина*, или *каолинит*. Цвет белый. С водой образует пластичную массу. Если подышать на нее, чувствуется запах глины.

л) *Мел*. Цвет белый. Вскипает при действии разбавленной соляной кислотой.

м) *Тальк*. Жирный на ощупь. Цвет зеленовато-белый, светло-зеленый, зеленовато-серый, желтовато-белый, белый.

н) *Гипс* ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, розоватый, красный. Бесцветный гипс прозрачен, остальные виды гипса просвечивают или непрозрачны. Встречается в виде сплошной зернистой плотной или толстолистоватой массы. Иногда гипс представляет скопление тонких игольчатых, расположенных параллельно друг другу кристалликов, также и в виде больших прозрачных кристаллов.

о) *Белая слюда*, или *мусковит*. Бесцветная, белая. Листоватая. Кончиком перочинного ножа от куска слюды можно легко отделить гибкие, упругие листочки.

п) *Черная слюда*, или *биотит*. Цвет черный. Листоватая. Листочки легко отделяются кончиком перочинного ножа.

Черта желтая, оранжевая, бурая, красная:

р) *Боксит* ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$). Матовый. Цвет кирпично-красный, буро-красный, желтовато-белый. Черта соответствует цвету. На вид землистый, глиноподобный.

с) *Киноварь* (HgS). Цвет ярко-красный, темно-красный. Черта кровяно-красная. Спутник — *сурьмяный блеск* (свинцово-серого, стально-серого цвета).

Черта зеленая:

т) *Медная зелень*, или *малахит* [$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]. Цвет зеленый. Вскипает при действии разбавленной соляной кислотой.

Черта голубая, синяя:

у) *Медная синь*, или *азурит* [$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]. Цвет синий. Вскипает при действии разбавленной соляной кислотой.

Черта серая до черной:

ф) *Графит* (C). Жирный на ощупь. Цвет черный. Сплошная плотная или чешуйчатая масса.

х) *Пиролюзит* (MnO_2). Матовый. Цвет черный, темный стально-серый. Встречается в виде сплошной землистой массы, иногда состоит из сцементированных мелких шариков.

2. Ноготь не оставляет царапины на минерале; минерал не оставляет царапины на стекле.

Горит или легко плавится:

а) *Сера самородная* (S). Цвет светло-желтый, зеленоватый, бурый, черный, серый. Загорается от спички и горит синим пламенем, выделяя резкий удушливый запах.

б) *Янтарь.* Цвет медово-желтый, бурый, красно-бурый, черный, белый. Загорается от спички и горит, выделяя приятный гвоздичный запах.

в) *Каменный уголь.* Цвет темно-бурый, черный. Черта темно-бурая.

г) *Антрацит.* Цвет черный. Черта черная. Блестящий. Хрупкий.

Не горит:

Черта белая или черты не дает:

Имеет вкус:

д) *Каменная соль, поваренная соль* ($NaCl$). Бесцветная, белая, сероватая, синяя, красная. Вкус соленый. Обладает хорошо выраженной спайностью, легко раскалывается по трем направлениям.

е) *Сильвин* (KCl). Цвет молочно-белый. Вкус горьковато-соленый. Легко раскалывается по трем направлениям.

ж) *Карналлит* ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$). Цвет красный, желтоватый, реже белый или бесцветный. Вкус горький. Под действием влаги, содержащейся в воздухе, может превращаться в жидкость. Излом неровный.

Вкуса не имеет:

з) *Кальцит*, или *известковый шпат* ($CaCO_3$). Бесцветный, белый, желтый, зеленый, голубой, фиолетовый, бурый, черный. Вскипает при действии разбавленной соляной кислотой. Обладает хорошо выраженной спайностью по трем направлениям.

и) *Доломит* [$CaMg(CO_3)_2$]. Цвет желтый, белый, серый, зеленоватый, черный. Растолченный в порошок, вскипает при действии разбавленной соляной кислотой.

к) *Ангидрит* ($CaSO_4$). Цвет белый, голубоватый, синеватый, фиолетовый, красноватый, розоватый, белый. Сплошная зернистая мраморовидная масса. Не реагирует на разбавленную соляную кислоту.

л) *Флюорит*, или *плавиковый шпат* (CaF_2). Бесцветный, сероватый, розоватый, желтый, красный, зеленоватый, голубой, фиолетовый до черного, иногда полосчатый; часто наблюдается изменение цвета в разных частях у одного и того же образца. Встречается в виде сплошной зернистой плотной или землистой, а также столбчатого строения массы; иногда дает кристаллы в форме куба.

м) *Апатит* [$Ca_5(Cl,F)(PO_4)_3$]. Цвет бледно-зеленый, голубовато-зеленый, синевато-зеленый, белый, серый, бурый, голубой, фиолетовый, иногда зеленый с серыми пятнами (нефелин). Имеет вид шестиугольных призматических или плоских таблитчатых кристаллов или сплошной зернистой массы.

н) *Змеевик*, или *серпентин*. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного; часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Сплошная плотная масса, нередко с прожилками асбеста.

о) *Асбест*, или *горный лен*. Цвет зеленовато-желтый с золотистым оттенком, почти белый. Состоит из тончайших волокон, располагающихся перпендикулярно стенкам трещин, и легко распушается в вату.

п) *Белая слюда*, или *мусковит*. Бесцветная, белая. Листоватая. Кончиком перочинного ножа можно легко отделить гибкие и упругие листочки.

Черта желтая, бурая, красная:

р) *Боксит* ($Al_2O_3 \cdot n\, H_2O$). Матовый. Цвет буро-красный, кирпично-красный. Черта соответствует цвету. Чаще сплошная, глиноподобная масса.

с) *Бурый железняк*, или *лимонит* ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$). Цвет бурый, черный; наблюдаются пятна охряно-желтого цвета. Черта ржаво-бурая или охряно-желтая. Имеет вид натечных образований (сталактиты и другие формы), плотных масс или скоплений, напоминающих шлаки.

т) *Цинковая обманка*, или *сфалерит* (ZnS). Блеск алмазный. Цвет желтый, бурый, красноватый, буро-черный. Черта светло-желтая, светло-бурая. Встречается в виде сплошных зернистых масс или вкраплений в горные породы. Спутники: *свинцовый блеск* (свинцово-серого цвета), *серный колчедан* (светлый латунно-желтый), *медный колчедан* (латунно-желтого цвета).

у) *Киноварь* (HgS). Цвет ярко-красный, темно-красный. Черта кровяно-красная. Спутник — *сурьмяный блеск* (свинцово-серого, стально-серого цвета).

ф) *Красный железняк*, или *гематит* (Fe_2O_3). Цвет вишнево-красный, темно-красный. Черта вишнево-красная (цвета спелой вишни).

Черта зеленая:

х) *Малахит*, или *медная зелень* [$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]. Цвет ярко-зеленый, травяно-зеленый. Вскипает при действии разбавленной соляной кислотой.

Черта голубая, фиолетовая:

ц) *Азурит*, или *медная синь* [$2\,CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]. Цвет синий. Вскипает при действии разбавленной соляной кислотой.

ч) *Флюорит*, или *плавиковый шпат* (CaF_2). Цвет фиолетовый.

Черта серая до черной:

ш) *Пиролюзит* (MnO_2). Цвет черный. Состоит из сцементированных мелких шариков.

щ) *Фосфорит* [$Ca_5\,(PO_4)_3\,(Cl,F)$]. Цвет темно-серый, черный. Встречается в виде желваков различной формы. В расколе нередко обнаруживает радиально-лучистое строение. При трении одного куска о другой издает запах жженой кости.

3. Минерал оставляет царапину на стекле.

Бесцветный, цвет белый, сероватый:

а) *Полевой шпат*. Цвет белый, сероватый. При раскалывании дает в двух направлениях ровные, как бы отполированные, блестящие поверхности, а в третьем направлении — неровную, матовую. Сплошная зернистая плотная масса или вкрапления в породе.

б) *Кварц* (SiO_2). Цвет белый, сероватый или бесцветный. Излом неровный. Сплошная зернистая плотная масса; встречается также и в виде вкраплений в породе или в виде рыхлого кварцевого песка.

в) *Горный хрусталь* (SiO_2). Бесцветный. Имеет вид шестигранных призматических кристаллов, заканчивающихся пирамидами, или сплошной плотной массы.

Цвет желтый, бурый, розовый, красный:

г) *Бурый железняк* (*лимонит*) ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$). Цвет бурый. Черта ржаво-бурая, охряно-желтая. Имеет вид сплошных плотных масс или натечных образований (сталактиты и другие формы); иногда шлаковидный или состоит из сцементированных мелких шариков.

д) *Красный железняк*, или *гематит* (Fe_2O_3). Цвет вишнево-красный. Черта вишнево-красная (цвета спелой вишни). Сплошная зернистая плотная масса.

е) *Полевой шпат*. Цвет желтый, розоватый, красный. Блеск стеклянный. Черты не дает. При раскалывании наблюдаются в двух направлениях ровные, блестящие поверхности, а в третьем направлении — неровная, матовая. Сплошная зернистая плотная масса или вкрапления в породе.

ж) *Нефелин* (масляный камень). Серовато-белый с желтоватым, буроватым, красноватым оттенком, а также бесцветный. Блеск жирный. Черты не дает. Сплошная плотная масса. Излом неровный.

з) *Кремень* (SiO_2). Цвет желтый, бурый. Матовый. Плотный. Края обломков острые. Излом неровный.

и) *Халцедон* (SiO_2). Цвет желтый, светло-коричневый, темно-бурый, красный. Черты не дает. Сплошная плотная натечная масса, внутри которой иногда встречаются пустоты с мелкими кристаллами кварца. Излом неровный. Часто в изломе дает острые, режущие края.

к) *Гранат*. Цвет темно-бурый, темно-красный, красный, буро-красный. Встречается в виде отдельных кристаллов, а также вкраплений в породе. Черты не дает.

Цвет темно-зеленый:

л) *Роговая обманка*. Цвет темно-зеленый. Сплошная масса или скопления мелких игольчатых призматических кристалликов. Кроме этого, встречается в виде вкраплений в породе. Черта зеленоватая.

Цвет голубовато-серый, фиолетовый:

м) *Халцедон* (SiO_2). Цвет голубовато-серый, синеватый. Черты не дает. Излом неровный. Сплошная плотная масса, внутри которой иногда наблюдаются пустоты с мелкими кристаллами кварца. Часто в изломе дает острые, режущие края.

н) *Аметист* (SiO_2). Цвет фиолетовый. Черты не дает. Шестиугольные призматические кристаллы, заканчивающиеся пирамидой, или сплошная плотная масса. Излом неровный.

Цвет темно-серый, черный:

о) *Фосфорит* [$Ca_5(PO_4)_3(Cl,F)$]. Цвет темно-серый, черный. Встречается в виде желваков различной формы. В расколе нередко обнаруживает радиально-лучистое строение. При трении одного куска о другой издает запах жженой кости.

п) *Роговая обманка* и *авгит*. Цвет черный. Встречаются в виде сплошных масс игольчатого призматического строения или вкраплений в породе. Черта зеленая или черная.

р) *Кремень* (SiO_2). Цвет серый, черный. Матовый. Плотный. Края обломков острые. Излом неровный.

с) *Лабрадор*. Цвет темно-серый, зеленовато-серый. Характерен синий отлив, часто наблю-

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

1 — пегматит (письменный гранит); 2 — сиенит; 3 — пегматит с биотитом; 4 — кварцит шокшинский; 5 — брекчия; 6 — порфирит; 7 — черный мрамор; 8 — серый мрамор; 9 — гранит; 10 — диорит.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

1 — вулканический туф; 2 — липарит; 3 — пемза; 4 — дунит; 5 — конгломерат; 6 — пузыристый базальт; 7—плотный базальт; 8 — габбро; 9 — бурый обсидиан; 10 — черный обсидиан; 11 — пузыристый обсидиан.

дающийся на ровной поверхности излома. Черты не дает. Чаще всего встречается в виде крупнозернистых масс.

т) *Кварц* (SiO_2). Цвет дымчатый, черный. Черты не дает. Шестигранные призматические кристаллы, заканчивающиеся пирамидами; распространены также в виде сплошных плотных масс, вкраплений в породе. Излом неровный.

Окраска минерала обычно пестрая, многоцветная:

у) *Яшма*. Окраска пестрая. Сплошная плотная масса. Излом неровный. Часто наблюдаются прожилки другого цвета.

ф) *Агат* (SiO_2). Окраска полосатая. Отдельные слои, различным образом окрашенные, располагаются полосами.

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ГОРНУЮ ПОРОДУ

Многие из горных пород представляют собой ценный строительный материал и употребляются для мощения дорог или служат рудой какого-нибудь металла. Чтобы судить о ценности горной породы и пригодности ее для нашей промышленности, необходимо прежде всего определить эту породу, т. е. по характерным особенностям узнать название, а затем ознакомиться со всеми ее свойствами.

Точное определение горных пород, особенно сложных, состоящих из нескольких минералов, производят в специальных лабораториях с помощью микроскопа, химических анализов и других приемов исследования.

Для приблизительного определения породы вполне достаточно воспользоваться теми ее свойствами, которые можно увидеть и без микроскопа. Так и поступают геологи, работая в поле. Это определение вполне доступно юным геологам. Надо только иметь миллиметровую бумагу, лупу с увеличением не менее чем в четыре раза, ножик или иголку, склянку с разбавленной соляной кислотой и геологический молоток.

Если порода рыхлая и состоит из крупных обломков, то измеряют их величину по миллиметровой бумаге и смотрят, какую форму имеют обломки: у г л о в а т у ю (щебень) или о к р у г л у ю (гравий, галька). Если обломки мелкие, как например песчинки в песке, то их насыпают тонким слоем на миллиметровую бумагу и смотрят (лучше под лупой), какой величины отдельные зерна породы и какие минералы среди них можно определить.

Рыхлые породы образуются в результате разрушения плотных пород. Поэтому обломки в них могут быть из гранита, сланца, известняка и других горных пород. Для того чтобы описать, например, галечник, необходимо определить, из каких именно пород состоят отдельные гальки или обломки.

Плотные породы можно наблюдать в обнажениях. Встретив выход плотной породы, надо сначала посмотреть, как она залегает: пластами, сплошной массой или выходит в виде жил. Пластами обычно залегают осадочные породы и нередко метаморфические. Массивное залегание более характерно для магматических пород.

В жилах залегают породы различного происхождения.

Для определения горной породы необходимо узнать, какое она имеет строение и из каких минералов состоит. Определяют породу всегда п о с в е ж е м у е е и з л о м у. Поверхность породы при выветривании часто сильно изменяется, поэтому, чтобы получить свежую, неизмененную поверхность, надо отбить молотком кусок породы от скалы или разбить обломок. Свежую поверхность породы следует рассмотреть под лупой. Она может быть з е м л и с т о й (например, глина), или с т е к л о в а т о й (например, обсидиан), или з е р н и с т о й (например, граниты, песчаники), или п о р ф и р о в о й, когда встречаются крупные зерна среди стекловатой или очень мелкой зернистой массы (например, порфирит).

Чтобы различить породу п о т в е р д о с т и, обломок ее царапают ножом или ногтем. Если порода состоит из твердых минералов, то она не будет резаться или скоблиться ножом. Но у некоторых пород (например, у песчаников) при царапании их ножом могут выпадать отдельные зерна, твердость которых больше, чем твердость ножа.

Осадочные породы часто состоят из менее твердых и менее прочных минералов, чем породы магматические или метаморфические.

Нередко породы можно различить по их удельному весу. Магматические и метаморфические породы часто бывают тяжелее осадочных. Особенно тяжелыми бывают те из магматических пород, которые состоят из темных минералов.

Для приблизительного определения тяжести породы вес небольших (с куриное яйцо) кусков породы сравнивают на руке.

Иногда породы можно узнать п о ц в е т у. Габбро, диориты всегда темного цвета, темнее гранитов. Трахиты и липариты обычно бывают светлыми, даже белыми; змеевики — зелеными.

Горная порода состоит из минералов. Поэтому, чтобы установить название породы, необходимо определить минералы, из которых она состоит. Как определяют минералы, можно узнать из статьи «Как узнать, какой это минерал» (см. стр. 289). Но в горной породе образующие ее минералы часто бывают очень мелкими и их не так легко узнать.

Минералы в породе прежде всего различают по цвету. Более темными обычно бывают биотит, роговые обманки; более светлыми — кварц, полевые шпаты, белая слюда — мусковит, кальцит. Очень характерно для пород присутствие или отсутствие кварца или полевых шпатов. Кварц и полевые шпаты тверже ножа, и он не оставляет на них царапины, а вот на кальците царапина остается. Кварц отличается от полевых шпатов отсутствием спайности. Чтобы узнать, есть ли в породе кальцит, капают на нее соляной кислотой: если кальцит есть, то из породы с шипением выделяется углекислота. Присутствие кальцита часто характерно для осадочных пород (известняки). Слюды — биотит и мусковит — также узнаются по их хорошей спайности, идущей в одном направлении: они легко расщепляются на тонкие пластинки кончиком перочинного ножа или иголки.

Все наблюдения над минералами удобнее вести при помощи лупы.

При определении породы необходимо подметить как можно больше ее особенностей.

В кратком определителе разнообразные горные породы разбиты на группы по их свойствам. Прежде всего, породы делятся на две группы: р ы х л ы е и п л о т н ы е. В пределах каждой из этих групп они определяются по различным признакам, например по зернистости, слоистости (или сланцеватости), по цвету и т. д. Просмотрите внимательно текст краткого определителя, и вы увидите, что пользоваться им совсем не трудно (см. также стр. 296—297, цв. табл.).

КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ГОРНЫХ ПОРОД

I. Породы рыхлые

Обломки, составляющие породу, угловатые, размером от 1 до 10 *см* — щ е б е н ь.

Обломки, составляющие породу, округленные:

1) отдельные зерна меньше 2 *мм* — п е с о к;
2) » » от 2 до 10 *мм* — г р а в и й;
3) » » от 1 *см* до 10 *см* — г а л ь к а;
4) » обломки больше 10 *см* — в а л у н ы.

II. Породы плотные

Порода состоит из отдельных зерен и обломков разных размеров, между ними — скрепляющий их цемент:

1) отдельные зерна, округленные, мелкие — менее 2 *мм* — п е с ч а н и к;
2) отдельные зерна, округленные, разных размеров — от 1 до 10 *см* — к о н г л о м е р а т;
3) отдельные обломки, крупные, угловатые, от 1 до 10 *см* — б р е к ч и я.

Порода зернистая, кристаллическая; отдельные зерна (кристаллы), составляющие породу, тесно соприкасаются друг с другом:

а) П о р о д а н е с л о и с т а я:

1) состоит только из зерен кварца — к в а р ц и т;
2) состоит из зерен кварца, полевого шпата, слюды или роговой обманки, цвет светло-серый, красноватый или розовый — г р а н и т;
3) кварца нет, состоит из полевого шпата, слюды — биотита или роговой обманки, похожа на гранит, преобладающий цвет розовый, реже розовато-серый — с и е н и т;
4) состоит из полевого шпата (плагиоклаза) и роговой обманки или слюды — биотита, мелкозернистая, серого цвета — д и о р и т;
5) состоит из полевого шпата (плагиоклаза) и темных минералов, крупнозернистая, почти черного цвета, часто от присутствия особого плагиоклаза — лабрадора — отливает синими искрами — г а б б р о;
6) состоит из одного минерала оливина, черная с зеленоватым оттенком — д у н и т;
7) состоит из крупных угловатых кристаллов кварца и полевого шпата, прорастающих друг друга и напоминающих древние восточные письмена,— п е г м а т и т (или «письменный гранит»);

8) состоит из мелких зерен кальцита, вскипает от соляной кислоты, цвет разнообразный — мрамор.

б) Порода слоистая или сланцеватая:

1) состоит из зерен кварца, полевого шпата и слюды (состав тот же, что и у гранита) — гнейс;

2) состоит только из слюды и кварца — слюдяной сланец.

Порода однородная, незернистая; иногда в сплошной однородной массе различимы отдельные зерна:

а) Порода однородная, излом стекловатый или раковистый с режущими краями:

1) цвет серый, черный, иногда бурый, пятнистый, блеск стеклянный — обсидиан;

2) цвет желто-бурый, серый, иногда черный; матовая, не блестящая — кремень;

3) полосатая, пятнистая, разных цветов — яшма;

б) Порода однородная, иногда неяснозернистая:

1) мягкая, режется ножом, после смачивания растирается между пальцами в тонкий порошок, образуя пластичную массу; бурая, серая, иногда белая — глина;

2) не растирается, более плотная, чем глина, распадается на тонкие твердые плитки — глинистый сланец;

3) белая, мягкая, царапается ногтем, пачкает руки, оставляет белую черту, от соляной кислоты вскипает — мел;

4) белая, легкая, пачкает руки, похожа на мел, но от соляной кислоты не вскипает — трепел;

5) белая, желтоватая, серая, плотная или неяснозернистая, часто содержит различные окаменелости, от соляной кислоты вскипает — известняк;

6) плотная или неяснозернистая, вскипает только от подогретой соляной кислоты, цвет белый, желтоватый, бурый — доломит;

7) легко царапается и режется ножом, растворяется в воде, на вкус соленая, прозрачная или полупрозрачная, при расколе дает гладкие блестящие поверхности — каменная соль;

8) в воде не растворяется, ярко-белая, розоватая или желтоватая, бывает волокнистого строения, при расколе часто дает блестящие гладкие поверхности, пластинчатая, иногда прозрачная,— гипс;

9) мягкая, царапается ножом, однородная, плотная, зеленая, темно-зеленая или пятнистая, просвечивает в краях — змеевик.

в) В сплошной массе породы различимы отдельные зерна (вкрапленники):

1) светлая, часто белая, с вкрапленниками полевых шпатов, иногда слюды,— липарит, трахит;

2) темная, с вкрапленниками полевых шпатов, роговых обманок и других темных минералов — порфирит;

3) черная, тяжелая, с очень мелкими вкрапленниками полевых шпатов, иногда оливина и темных минералов,— базальт.

* * *

В определитель вошли только наиболее распространенные магматические, осадочные и метаморфические породы.

Что читать по геологии

АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ СРЕДНЕГО И СТАРШЕГО ВОЗРАСТА

Обручев В. А. Основы геологии. Популярное изложение. М., Акад. наук СССР, 1956. 356 стр. с илл. и карт.

Книга известного геолога и географа В. А. Обручева знакомит молодых читателей с историей Земли, а также с работой воды, ветра и льда, с образованием гор, извержениями вулканов, землетрясениями и другими явлениями природы на поверхности и в недрах Земли.

Ферсман А. Е. Занимательная геохимия. Химия Земли. Изд. 3-е, испр. Л., Детгиз, 1954. 487 стр. с илл. и табл. (Школьная б-ка).

Выдающийся советский ученый А. Е. Ферсман увлекательно рассказывает о строении и различных свойствах химических элементов, об истории атома в природе, о прошлом и будущем геохимии— науки, изучающей химические процессы, происходящие в недрах нашей планеты.

Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. Изд. 3-е. М.—Л., Детгиз, 1953. 272 стр. с илл. и карт.

В занимательной форме автор знакомит читателей с миром минералов и кристаллов, рассказывает о жидких, летучих и съедобных камнях.

Юным любителям минералогии автор дает практические советы — как собирать минералы, как составлять и хранить минералогическую коллекцию.

Яковлев А. А. Минералогия для всех. М.—Л., 1947. 485 стр. с илл. (Акад. наук СССР. Науч.-попул. серия).

Эта книга написана для любителей камня, независимо от их возраста и образования.

В ней даются общие сведения об истории горного промысла, о кристаллах, минералах и горных породах.

В заключение автор рассказывает, как самому собирать минералы и составить из них коллекцию.

ЧТО ПРОИСХОДИТ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ И КАКИЕ СИЛЫ ПРИРОДЫ ДЕЙСТВУЮТ НА ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ

Белоусов В. В. Силы, меняющие лик Земли. М., Госгеолиздат, 1952. 63 стр. с илл.

Геологические процессы, происходящие на поверхности Земли и в ее недрах, изменяют внешний облик планеты и ее внутреннее строение.

Рассказывая об этих процессах, автор объясняет причины землетрясений, образования гор, разрушения горных пород, постоянного перемещения обломочного материала и пр.

Бончковский В. Ф. Внутреннее строение Земли. М., «Знание», 1955. 32 стр. с илл. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний).

В брошюре кратко излагаются гипотезы о происхождении и развитии Земли и освещаются способы исследования ее внутреннего строения.

Автор приводит данные о свойствах и состоянии вещества внутри Земли, а также знакомит с процессами, происходящими под воздействием ее внутренних сил.

Бублейников Ф. Д. и Щербаков Д. И. Замечательные геологические явления нашей страны. М., Акад. наук СССР, 1941. 189 стр. с илл. и карт. (Науч.-попул. б-ка).

В хорошо написанных очерках читатель найдет интересный и разнообразный материал о пустынях, ледниках и вулканах, о движениях земной коры, о месторождениях полезных ископаемых.

Бублейников Ф. Д. Пещеры. М., Госкультпросветиздат, 1953. 112 стр. с илл.

Прочтя эту книгу, школьники не только узнают о причинах образования пещер и гротов и познакомятся с наиболее интересными пещерами мира, но получат также практические советы, как изучать пещеры.

Варсанофьева В. А. Жизнь гор. Изд. 5-е, испр. и доп. М., 1950. 170 стр. с илл. (Моск. о-во испытателей природы. Среди природы. Вып. 30).

Автор рассказывает о процессах возникновения и разрушения гор, об истории горных цепей.

Влодавец В. И. Вулканы Советского Союза. М., Географгиз, 1949. 164 стр. с илл. (Явления природы).

Эта книга знакомит читателей с действующими, затухающими и уже потухшими вулканами нашей страны, с вулканической деятельностью в недалеком прошлом на территории Кавказа, Сибири и Дальнего Востока.

Горшков Г. П. Землетрясения. Изд. 4-е, доп. М.—Л., Гостехиздат, 1950. 40 стр. с илл. (Науч.-попул. б-ка. Вып. 9).

Что такое землетрясения? Как и где они происходят и почему возникают? На эти вопросы вы найдете ответы в предлагаемой брошюре. Автор касается также вопроса о возможности предсказания землетрясений и предотвращения их вредных действий.

Горшков Г. П. Как образовались горы. М., «Советская Россия», 1957. 11 стр.; 5 отд. л. илл. (Для громкого чтения).

Автор рассказывает читателям о том, как образовались современные горы и лавины и как влияют внутренние и внешние силы Земли на процессы создания и разрушения горных пород.

Горшков Г. П. Строение земного шара. М., Гостехиздат, 1958. 48 стр. с илл. (Науч.-просвет. б-ка. Вып. 18).

Брошюра дает представление о происхождении и строении Земли, рассказывает о том, как люди вычислили возраст нашей планеты и как сложилось правильное представление о ее форме и размерах.

Заварицкая Е. П. Вулканы. Изд. 4-е. М.—Л., Гостехиздат, 1950. 45 стр. с илл. (Науч.-попул. б-ка. Вып. 8).

Рассказав о деятельности наиболее известных вулканов мира, Е. П. Заварицкая объясняет причины извержения вулканов. В книге рассказывается, как образуются гейзеры и минеральные источники и что представляют собой вулканические лавы.

Кастере Н. Десять лет под землей. Пер. с англ. М., Географгиз, 1956. 199 стр. с илл.

В книге, написанной известным французским исследователем пещер, увлекательно рассказывается о приключениях, которые пришлось испытать автору во время изучения пещер и пропастей Франции и Испании.

Кузнецов С. С. По горам и равнинам. Очерки по геологии нашей страны. Изд. 2-е, перераб. М., Учпедгиз, 1957. 280 стр. с карт.

Популярные очерки о геологическом строении нашей родины.

Мезенцев В. А. Вода вокруг нас. М., Детгиз, 1954. 80 стр. с илл.

Прочтя эту книгу, читатели познакомятся с великим круговоротом воды в природе. Книга рассказывает о замечательной победе человека над водной стихией, научившегося «приводить» воду в пустыни и степи, отводить ее с болот, собирать в водохранилища и использовать на гидростанциях.

Обручев В. А. Происхождение гор и материков. М., Детгиз, 1956. 126 стр. с илл. (Школьная б-ка).

Акад. В. А. Обручев живо и образно рассказывает юным читателям о том, что собой представляет поверхность Земли, как и когда образовались материки, из чего состоят горы, как они разрушаются и возрождаются.

Попов И. В. Жизнь речного русла. Л., Гидрометеоиздат, 1955. 99 стр. с илл. (Науч.-попул. б-ка).

Вода — один из могущественных деятелей, изменяющих облик Земли.

О значении рек в преобразовании поверхности Земли рассказано в этой книге.

Якушева А. Ф. Как разрушаются горы. М., Госкультпросветиздат, 1957. 19 стр., 6 отд. л. илл. в папке. (Для громкого чтения).

В книге объясняется, как под действием воды, воздуха и солнца меняется облик Земли. Школьники узнают, как образуются и разрушаются горы и как перемещаются обломки горных пород, почему Кавказские горы с их острыми вершинами не похожи по своим очертаниям на пологие и сглаженные Уральские горы, как исчезли огромные горы, бывшие некогда на месте степей Казахстана.

БОГАТСТВА ЗЕМНЫХ НЕДР

Бублейников Ф. Д. Богатства Земли. М., «Молодая гвардия», 1951. 239 стр. с илл.

Наша страна богата рудами металлов, каменным углем, нефтью и другими полезными ископаемыми.

Автор рассказывает об основных ископаемых богатствах нашей родины и их промышленном использовании.

Бублейников Ф. Д. Тайны Земли. М., «Московский рабочий», 1958. 136 стр. с илл.

Автор рассказывает о внутреннем строении Земли, изменении рельефа, образовании залежной руды, угля и нефти.

Бушинский Г. И. Происхождение полезных ископаемых. М., Гостехиздат, 1953. 64 стр. с илл. и карт. (Науч.-попул. б-ка. Вып. 63).

В этой книжке рассказано о том, при каких условиях образуются полезные ископаемые и как научные теории об их происхождении помогают геологам раскрывать богатства земных недр нашей родины.

Васильков И. А. и Цейтлин М. З. Кладовые Солнца. М., Гостехиздат, 1952. 64 стр. с илл. и карт. (Науч.-попул. б-ка. Вып. 46).

Кладовые Солнца — это месторождения угля. Как велики наши угольные богатства? Что мы знаем о прошлом угольных богатств нашей страны? Что известно науке о происхождении угля, его видах и составе? На все эти вопросы дает ответ предлагаемая книга.

Гроденский Г. П. По Ильменскому заповеднику. М.—Л., Детгиз, 1951. 127 стр. с илл. (Наша Родина).

Сокровищам Ильменских гор, объявленных ввиду исключительных богатств слагающих их минералов и горных пород государственным заповедником, посвящена эта интересная книга.

Жемчужников Ю. А. и Гор Г. С. Каменный уголь. Л., Детгиз, 1956. 79 стр. с илл. и портр. (Школьная б-ка).

Книга знакомит с тем, как из растительных остатков в результате длительных и сложных геологических процессов образовались угольные залежи, где и как добывают уголь и что из него делают.

Зряковский М. С. и Макаров Н. Н. Тайна якутских алмазов. М., Географгиз, 1958. 110 стр. с илл.

Эта книга рассказывает много нового и интересного об истории поисков и открытии алмазных месторождений Якутии, о вдохновенном труде советских геологов и их мужественной борьбе с природой.

В книге говорится о значении алмазов для народного хозяйства.

Мар Е. П. О простом железе. М., Детгиз, 1957. 72 стр. с илл. (Школьная б-ка).

Просто и интересно рассказывает автор о процессах природы, приводящих к образованию руд, о том, когда люди впервые научились пользоваться железом, как руда превращается в металл и как варят сталь.

Наливкин Д. В. и Петров Л. С. Наша нефть. Изд. 2-е, испр. и доп. М.—Л., Детгиз, 1952. 100 стр. с илл. (В помощь школьнику).

Книга дает представление о происхождении нефти, ее размещении, поисках, добыче и применении в нашем социалистическом хозяйстве.

Осипов И. З. Сокровище Черных скал. М., Детгиз, 1956. 142 стр. с илл.

Эта интересная книга рассказывает школьникам о каспийской нефти в районе Черных скал, о советских тружениках, сумевших создать далеко в море нефтяной промысел и построить за 100 *км* от берега целый город на стальных сваях.

Соболевский В. И. Замечательные минералы. Изд. 2-е. М.—Л., Госгеолиздат, 1949. 221 стр. с илл.

Автор знакомит с технически важными минералами, их свойствами, способами применения и условиями нахождения.

Тихонравов Н. В. Рассказы о нефти. М., Детгиз, 1954. 238 стр. с илл. (Школьная б-ка).

Что такое нефть? Почему из нее можно сделать тысячи полезных и часто совершенно противоположных по свойствам продуктов (сапожный крем и лекарства, бензин и асфальт, мыло и краску, духи и отравляющие газы)? Где нефть залегает, как ее ищут, добывают и перерабатывают? Обо всем этом рассказывает автор книги.

Ферсман А. Е. Воспоминания о камне. М., «Молодая гвардия», 1953. 191 стр. с илл.

«Воспоминания о камне» — это серия коротеньких художественных рассказов о камнях и людях, связанных с миром минералов.

Ферсман А. Е. Рассказы о самоцветах. Л., Детгиз, 1957. 259 стр. с илл. (Школьная б-ка).

Яркие, красочные рассказы о разнообразии самоцветов и цветных камней нашей страны, об алмазе и красном рубине, зеленом изумруде, малахите, жемчуге и янтаре, разноцветном мраморе и многих других камнях.

Шаскольская М. П. Кристаллы. М., Гостехиздат, 1956. 228 стр. с илл. и портр.

В простой и доступной форме автор повествует об удивительном мире кристаллов и об искусственном выращивании кристаллов в лаборатории и на заводах.

Шкляр Н. Г. Сокровища болот. Очерки о торфе. М.—Л., Госэнергоиздат, 1945. 183 стр. с илл. и портр.

Торф употребляется не только как обычное топливо; из него получают такие ценные продукты, как кокс и газ, используют как строительный материал и удобрение. Обо всем этом интересно рассказывает автор.

В ПОМОЩЬ ЮНЫМ ГЕОЛОГАМ — РАЗВЕДЧИКАМ ПОДЗЕМНЫХ БОГАТСТВ

Изучай свой край. Книга юного краеведа. Л., «Молодая гвардия», 1951. 264 стр. с илл.

Предлагаемая книга рассказывает юному туристу и краеведу, как собирать и хранить минералы, вести геологические наблюдения, предсказывать погоду, изучать рельеф и почвы, реки и озера, растительность и животный мир. Читателю даются полезные советы, которые помогут ему подготовиться к походу, правильно вести наблюдения и обрабатывать собранный материал.

Книга вожатого. Изд. 6-е, перераб. и доп. М., «Молодая гвардия», 1955. 544 стр. с илл.

Юные разведчики подземных богатств найдут в этой книге много полезных советов о том, как организовать поход на поиски полезных ископаемых, как распределить обязанности среди его участников, как правильно уложить снаряжение и быстро оборудовать бивак, как вести поиски полезных ископаемых и собирать образцы пород.

Разумовский Н. К. Как определять минералы. М.—Л., Детгиз, 1953. 80 стр. с илл. (В помощь самодеятельности пионеров и школьников).

В этой брошюре кратко излагаются необходимые юному геологу сведения о составе земной коры и образовании минералов, а также о том, как узнать название минерала по его наружным свойствам и производить простейшие физические и химические исследования свойств минералов.

Яковлев А. А. В мире камня. Книга юного геолога. М.—Л., Детгиз, 1951. 272 стр. с илл., геол. карт. и 12 цветн. табл. минералов.

Автор увлекательно рассказывает о профессии геолога и дает много практических советов для поисков полезных ископаемых. В книге говорится о чудесном мире камня и о том, как широко используется камень в нашем социалистическом строительстве.

Яковлев А. А. В поход за полезными ископаемыми. М., Детгиз, 1954. 132 стр. с илл. и 8 цветн. табл. минералов. (В помощь самодеятельности пионеров и школьников).

Эта книга также вооружает юных разведчиков недр необходимыми практическими знаниями. В ней говорится о том, как надо подготовиться к походу, определить минерал, как самому составить минералогическую коллекцию, что нужно знать о наиболее распространенных полезных ископаемых.

Ниже рекомендуются пособия для любителей-поисковиков, занимающихся разведкой конкретных полезных ископаемых. Эти книги дают юным краеведам и туристам полезные советы по выбору районов для поисков интересующих их полезных ископаемых и рассказывают о приемах поисков и оценке обнаруженных месторождений.

Волженков А. И. Свинец и цинк, где они применяются и как их искать в природе. М.—Л., Госгеолиздат, 1941. 23 стр. с илл. (Науч.-попул. серия по геологии).

Вольфсон Ф. И. Что такое рудные месторождения, где и как их искать. М., Госгеолиздат, 1952. 78 стр. с илл. и карт.

Гиммельфарб Б. М. Что такое фосфориты, где и как их искать. М., Госгеолиздат, 1954. 28 стр. с илл.

Гудалин Г. Г. Как искать медные руды. М., Госгеолиздат, 1952. 24 стр.

Корин И. З. Как искать руды никеля. М., Госгеолиздат, 1952. 48 стр. с илл.

Культиасов С. В. Золото, где и как искать его в природе. М., Госгеолиздат, 1941. 40 стр. с илл. (Науч.-попул. серия по геологии).

Культиасов С. В. Олово, где оно применяется и как искать его в природе. М.—Л., Госгеолиздат, 1940. 32 стр. с илл. (Науч.-попул. серия по геологии).

Марков П. Н. Как искать месторождения слюд. М., Госгеолиздат, 1952. 24 стр. с илл.

Петровская А. Н. Как искать бокситы. М., Госгеолиздат, 1951. 27 стр. с илл.

Соболевский В. И. Как искать флюорит. М., Госгеолиздат, 1952. 24 стр. с илл.

Черносвитов Ю. Л. Как искать месторождения глин. М., Госгеолиздат, 1952. 40 стр. с илл.

ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Бублейников Ф. Рассказы о Земле. М.—Л., Детгиз, 1944. 136 стр. с илл.

Просто и доходчиво писатель рассказывает о том, как люди изучают «биографию» Земли, как выглядели вымершие животные и первобытные люди, объясняет, как образовались грандиозные пещеры и гигантские ледники, огнедышащие горы и другие замечательные явления в земной коре.

Голосницкий Л. П. Путешествие в прошлое. М., Детгиз, 1957. 112 стр. с илл. (Школьная б-ка).

Интересный рассказ о том, когда и каким образом возникла на Земле жизнь, как появились первые растения и животные и как со временем из животного мира выделился человек.

Громов В. И. Что было на Земле миллионы лет назад. М.—Л., Детгиз, 1951. 71 стр. с илл. (Естеств.-науч. б-чка школьника).

Прочтя эту интересную книгу, можно узнать, что не всегда океаны и материки, реки и озера находились там, где они расположены сейчас, что животные и растения древнейших времен не были похожи на современных.

В книге рассказывается и о том, как появились на Земле первые люди, как человек выделился из мира животных и какую роль в процессе превращения обезьяны в человека сыграл труд.

Ефремов И. А. Дорога ветров. (Гобийские заметки). М., Трудрезервиздат, 1956. 360 стр. с илл.

Изучая остатки ископаемых животных, палеонтологи узнают, как изменялся животный мир на протяжении тысячелетий.

Работе одной из крупнейших палеонтологических экспедиций, организованной Академией наук СССР в пустыню Гоби, обнаружившей кладбище скелетов гигантских ящеров, посвящена эта интересная книга.

Кропоткин П. Н. Геологическая история и строение Земли. М., «Знание», 1956. 40 стр. с карт. и схем. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний).

В настоящей брошюре рассматривается вопрос о происхождении и внутреннем строении Земли, а также об истории геологического развития земной поверхности.

Максимович Г. А. и Максимович Н. А. Свидетели прошлого. (О чем рассказывают камни). М., Гостехиздат, 1955. 32 стр. с илл. (Науч.-просвет. б-ка. Вып. 7).

Камни обычно мало привлекают внимание человека. Между тем они о многом могут рассказать. Изучая их, мы узнаем, как на протяжении многих миллионов лет менялся рельеф земной поверхности, какие изменения претерпевал климат, как образовались залежи полезных ископаемых. О том, как люди научились разбирать «язык» камней, и рассказывается в этой книге.

Опарин А. И. Новое о происхождении жизни на Земле. М., «Молодая гвардия», 1956. 22 стр. (Ученые — молодежи).

Акад. А. И. Опарин рассказывает молодым читателям, как произошла жизнь на Земле, знакомит с данными современной науки об основных этапах развития материи.

Плисецкий М. С. Как произошел и развился человек. Изд. 2-е, доп. М.—Л., Детгиз, 1951. 96 стр. с илл. (Школьная б-ка).

Как ученые узнали о существовании ископаемых предков человека? Сколько лет тому назад жили эти предки и как они выглядели? Чем они питались, как добывали пищу и защищались от хищных зверей? На все эти вопросы даются ответы в книге.

Прочитав ее, юный читатель узнает, как появился на Земле человек и как нелепы утверждения религии о сотворении человека богом.

Субботин М. Ф. Происхождение и возраст Земли. Изд. 3-е. М.—Л., Гостехиздат, 1951. 38 стр. (Науч.-попул. б-ка. Вып. 2).

Познакомив читателей с историей развития знаний о происхождении Земли, автор рассказывает о современных теориях возникновения планет, в том числе и Земли, приводит научные данные о возрасте Земли.

Трофимов Б. А. Жизнь в глубинах веков. М., Госкультпросветиздат, 1957. 149 стр. с илл.

В этой книге рассказывается, как возникла и развивалась жизнь на Земле вплоть до появления человека. Автор, зоолог и палеонтолог, уделил внимание происхождению животных, используя для этого достижения современной палеонтологии — науки об ископаемых организмах.

Яковлев А. А. Жизнь Земли. Изд. 2-е. М.—Л., Гостоптехиздат, 1949. 283 стр. с илл.

Автор рассказывает о происхождении Земли и ее строении, о появлении на ней жизни и развитии организмов, о работе ветра, воды, льда; об извержении вулканов, движении земной коры и землетрясениях.

ВЫДАЮЩИЕСЯ РУССКИЕ ГЕОЛОГИ [1]

Шатский Н. С. Андрей Дмитриевич **Архангельский** (1879—1940). М., 1944. 59 стр. с портр. (Моск. о-во испытателей природы).

А. Д. Архангельский принадлежит к числу крупнейших русских геологов. Жизни, научной и общественно-педагогической деятельности этого выдающегося исследователя и посвящена данная брошюра.

Кузнецов С. С. Отечественные геологи. М., Учпедгиз, 1958. 193 стр. с илл.

Популярные очерки о жизни и деятельности выдающихся русских геологов: **А. П. Карпинского, И. Д. Черского, А. А. Иностранцева, Ф. Ю. Левинсона-Лессинга, И. М. Губкина, В. А. Обручева и др.**

Григорьев Д. П. и Шафрановский И. И. Выдающиеся русские минералоги. М.—Л., 1949. 275 стр. (Акад. наук СССР. Науч.-попул. серия).

Русская минералогия издавна пользуется мировой славой. Имена наиболее замечательных наших исследователей минералов должны быть знакомы каждому школьнику, интересующемуся минералогией.

В книге излагаются общие сведения о развитии русской минералогии, начиная от ее зарождения и кончая нашими днями. В восьми очерках рассказывается о жизни и деятельности наиболее выдающихся славных представителей русской минералогии: **Ломоносова, Севергина, Кокшарова, Еремеева, Федорова, Вернадского, Ферсмана** и **Смирнова**.

[1] Материал в этом разделе расположен по фамилиям геологов в алфавитном порядке.

Л и ч к о в Б. Л. Владимир Иванович **Вернадский** (1863—1945). М., 1948. 102 стр. с портр. (Моск. о-во испытателей природы).

Крупнейшему русскому естествоиспытателю и минералогу В. И. Вернадскому посвятил эту книгу автор.

Г у б к и н И. М. Моя молодость. Изд. 2-е. М., «Молодая гвардия», 1939. 47 стр.

Представитель передовой советской геологии, исследователь месторождений нефти И. М. **Губкин** обогатил мировую науку ценнейшими научными трудами. В этой книге автор рассказывает о тяжелых годах своей молодости и учебы, проходивших в дореволюционной России, о том, как он, сын бедного крестьянина, упорным и долгим трудом достиг вершин науки.

С е н ю к о в В. М. Выдающийся советский геолог академик И. М. **Губкин**. М., «Правда», 1950. 22 стр. с портр. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний).

В брошюре дается краткая биография и характеристика научной и педагогической деятельности акад. И. М. Губкина.

К р у п е н и к о в И. и К р у п е н и к о в а Л. Василий Васильевич **Докучаев** (1846—1903). М., «Молодая гвардия», 1949. 288 стр. с илл. (Жизнь замечательных людей).

Великий русский ученый-естествоиспытатель, создатель современного научного почвоведения и комплексного исследования природы, Докучаев много путешествовал по Европейской России и Кавказу.

В книге описана жизнь ученого, полная непрерывных исканий, и дано краткое изложение его основных работ.

Б а я н О. А. Отец русской геологии. (Рассказы о жизни и деятельности академика А. П. **Карпинского**). Л., Детгиз, 1955. 263 стр. с илл. и портр.

Биографический очерк о жизни и деятельности А. П. Карпинского.

А н и с и м о в С. Путешествия П. А. **Кропоткина** в 1862—1867 годах. М.—Л., Детгиз, 1952. 158 стр. с илл. и портр.

Крупный русский географ и геолог П. А. Кропоткин (1842—1921) в течение ряда лет занимался изучением Восточной Сибири и Дальнего Востока.

В этой книге автор обстоятельно рассказывает о путешествиях П. А. Кропоткина и приводит отрывки из его статей, воспоминаний и отчетов.

Р я б у х и н Г. Е. Роль М. В. **Ломоносова** в развитии геологии. М., «Правда», 1951. 20 стр. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний).

Ш е в я к о в Л. Д. **Ломоносов** и русская геология, горное дело и металлургия. М., «Молодая гвардия», 1945. 24 стр. с илл. (Ломоносовские чтения).

В геологии, как и во многих других науках, Ломоносов был выдающимся, оригинальным мыслителем. В своих брошюрах Г. Рябухин и Л. Шевяков говорят о значении и роли Ломоносова в развитии геологической науки, горного дела и металлургии.

И в а н о в с к и й С. Р. Леонид Иванович **Лутугин** (1864—1915). М., Углетехиздат, 1951. 51 стр. с портр. (Выдающиеся деятели отечественной горной науки).

Эта книга посвящена прогрессивному общественному деятелю и талантливому ученому — основоположнику русской инженерной геологии Л. И. Лутугину.

Г у р в и ч С. И. В. **Мушкетов** — геолог и путешественник. Сталинград, Обл. издат., 1951. 74 стр. с илл. и портр.

Среди виднейших русских ученых-геологов почетное место занимает выдающийся геолог и путешественник И. В. Мушкетов, с научной деятельностью и жизнью которого знакомит эта книга.

О б р у ч е в В. А. Мои путешествия по Сибири. М.—Л., 1948. 274 стр. с илл. (Акад. наук СССР. Науч.-попул. серия).

О б р у ч е в В. А. По горам и пустыням Средней Азии. М.—Л., 1948. 244 стр. с илл. (Акад. наук СССР. Науч.-попул. серия).

В популярной форме акад. В. А. **Обручев** излагает в этих двух работах наблюдения и путевые впечатления во время путешествий по Западной и Восточной Сибири, Туркестану, Туркмении и пограничной Джунгарии.

Д у м и т р а ш к о Н. В. В. А. **Обручев**. М., Географгиз, 1955. 38 стр. с портр. и карт. (Замечательные географы и путешественники).

Р я б у х и н Г. Е. Академик В. А. **Обручев**. М., «Знание», 1953. 40 стр. с илл. и карт. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний).

В рекомендуемых брошюрах освещена жизнь и многообразная деятельность советского ученого-геолога, автора увлекательных научно-фантастических романов В. А. Обручева.

В а р с а н о ф ь е в а В. А. Академик Алексей Петрович **Павлов** и его роль в развитии геологии. М., «Правда», 1951. 21 стр. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний).

А. П. Павлов один из крупнейших русских геологов конца XIX и начала XX в. О его жизни и творчестве рассказывает автор этой книги.

Б о к и й Г. Б. Академик Е. С. **Федоров** — основоположник современной кристаллографии. М., «Знание», 1952. 23 стр. с илл. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний).

Жизни и многогранному творчеству основателя современной кристаллографии Е. С. Федорова (1853—1919) посвящена брошюра Г. Б. Бокия.

Ф е р с м а н А. Е. Мои путешествия. М., «Молодая гвардия», 1949. 149 стр. с илл. и портр.

Ф е р с м а н А. Е. Путешествия за камнем. Л., Детгиз, 1956. 528 стр. с илл. и карт. (Школьная б-ка).

Имя акад. А. Е. **Ферсмана** (1883—1945) — неутомимого исследователя минеральных богатств нашей родины, виднейшего советского геолога, геохимика и географа — пользуется большой популярностью в нашей стране.

В указанных книгах увлекательно рассказывается о многочисленных путешествиях А. Е. Ферсмана, начиная с детских небольших прогулок по Крыму, пробудивших у автора любовь к природе, до крупных экспедиций, которые возглавлял или в которых принимал участие ученый.

Б а я н О. Разведчик недр. Рассказы из жизни академика А. Е. **Ферсмана**. М.—Л., Детгиз, 1951. 204 стр. с илл. и портр.

В книгу включены наиболее важные, запечатлевшиеся в памяти современников Ферсмана эпизоды, связанные с его научной деятельностью и путешествиями, характеризующие А. Е. Ферсмана не только как ученого и исследователя, но и как отзывчивого товарища.

П и с а р ж е в с к и й О. Александр Евгеньевич **Ферсман** (1883—1945). М., «Молодая гвардия», 1955. 454 стр. с илл. и портр. (Жизнь замечательных людей).

Эта книга, посвященная жизни и деятельности замечательного ученого А. Е. Ферсмана, содержит большой фактический материал.

Р е в з и н Г. И. Подвиг жизни Ивана **Черского**. М.—Л., Главсевморпуть, 1952. 108 стр. с илл.

Талантливый самоучка, ученый-геолог И. Д. Черский (1845—1892) положил начало современным знаниям о геологии Сибири и ископаемой фауне четвертичного периода всей этой обширной территории.

В очерке Г. И. Ревзина подробно обрисован жизненный путь Черского и его жены М. П. Черской, рука об руку работавшей вместе с мужем до последней минуты его жизни и продолжавшей затем его научные исследования.

Щ е р б а к о в Д. И. Мои путешествия. (Как я стал географом). Изд. 2-е, доп. Л., Детгиз, 1954. 197 стр. с илл. и карт. (Школьная б-ка).

Автор этой книги — **Д. И. Щербаков,** геолог и географ, делится с молодыми читателями живыми и яркими воспоминаниями о своих путешествиях по Кавказу, Крыму и Средней Азии, начавшихся еще в детские годы, рассказывает об экспедициях в пески Каракумы, о восхождении на горные вершины Памира, о вулканах, пещерах и ледниках, которые он видел во время своих многочисленных путешествий.

Книга особенно ценна тем, что знакомит читателей с практическими навыками, которые необходимы каждому начинающему путешественнику.

Щ е р б а к о в Д. И. По горам Крыма, Кавказа и Средней Азии. Путевые очерки. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Географгиз, 1954. 200 стр. с илл. и карт.

В этой книге Д. И. Щербаков увлекательно повествует о своих путешествиях по Главному Кавказскому хребту, горному Крыму и Памиру. Автор знакомит с природными условиями и геологией посещенных им районов.

ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ЛИТЕРАТУРА

А с а н о в Н. Волшебный камень. Роман. Изд. перераб. М., «Сов. писатель», 1954. 428 стр. с илл.

Роман о работе советских геологов на Северном Урале в дни Великой Отечественной войны.

Б а б л ю к Б. Т. В стране алмазов. М., «Молодая гвардия», 1957. 223 стр. с илл. (Б-ка путешествий).

Журналист Борис Баблюк рассказывает много интересного о жизни в далекой Якутской республике, о том, как разведчики недр открыли здесь богатейшие месторождения алмазов и как в этих недавно еще глухих местах строится город Алмазград.

Б а р м и н А. Г. Руда. Исторический роман. Изд. 3-е. Л., Детгиз, 1955. 436 стр. с илл. (Школьная б-ка).

В этом романе отражена история горнозаводской промышленности Урала.

В е р н Ж. Путешествие к центру Земли. Роман. В кн.: Верн Ж. Собрание сочинений. Т. 2. М., Гослитиздат, 1955, стр. 5—225.

Увлекательное повествование о том, как проф. Лиденброк и его племянник совершили необыкновенное путешествие в недра земного шара, проникнув туда через кратер одного из вулканов Исландии.

Г р а ч е в А. Тайна Красного озера. Повесть. М., «Молодая гвардия», 1954. 328 стр. с илл.

Приключенческая повесть о группе советских геологов, работавших в глухой дальневосточной тайге.

Г у р е в и ч Г. Подземная непогода. Научно-фантастическая повесть. М., Детгиз, 1956. 224 стр. с илл. (Б-ка приключений и научной фантастики).

Герои повести — советские геологи и инженеры, научившиеся предсказывать время и силу землетрясений и заставившие вулканы работать на человека.

Д о й л ь А. К. Затерянный мир. Роман. Пер. с англ. М., Гослитиздат, 1956. 206 стр. с илл.

Тема этого фантастического романа — путешествие в доисторическое прошлое нашей Земли, на якобы существующее плоскогорье в дебрях Южной Америки, населенное первобытными людьми и животными, давно уже исчезнувшими во всех других местах Земли.

Д р у ж и н и н В. Н. Черный камень. Повесть. Л., Лениздат, 1955. 207 стр.

Повесть о советских геологах, открывших и освоивших новые месторождения нефти.

Е ф р е м о в И. Алмазная труба. Рассказы. М., Детгиз, 1954. 207 стр.

«Алмазная труба» — сборник научно-фантастических повестей и рассказов об отважных и смелых советских людях, отдающих все свои силы и знания народу, о трудной, но увлекательной профессии геологов, геофизиков и др.

Е ф р е м о в И. А. Белый рог. М., «Молодая гвардия», 1945. 251 стр. с илл. (Научная фантастика и приключения).

Один из героев этой книги — геолог Усольцев совершает опасное восхождение на неприступную скалу, где ему удается открыть месторождение олова.

Е ф р е м о в И. Озеро горных духов. М.—Л., Детгиз, 1954. 127 стр. с илл.

В рассказе «Озеро горных духов», помещенном в этом сборнике, повествуется об открытии советскими учеными ртутного месторождения.

К а л и н о в с к и й Г. Конец караванной тропы. Рассказы. М., «Сов. писатель», 1955. 176 стр. с илл.

Рассказы, посвященные трудной и увлекательной работе советских геологов в условиях пустыни.

К а н д ы б а Ф. Л. Горячая земля. Научно-фантастический роман. М., «Молодая гвардия», 1950. 365 стр. с илл.

Возможность использования тепла горячих источников и гейзеров Камчатки, поиски места для опытного строительства шахты-котла составляют содержание этого интересного романа.

К о л е с н и к о в М. С. Повести о дружбе. М., «Молодая гвардия», 1955. 406 стр.

В вошедшей в этот сборник повести «Счастливый оазис» рассказывается о монголо-советской геологической экспедиции 1938 г., всколыхнувшей жизнь одного из глухих районов Монголии.

К о л е с н и к о в М. С. Удар, рассекающий горы. Роман. М., «Молодая гвардия», 1957. 232 стр. с илл.

Роман о работе китайских инженеров и геологов, прокладывающих железную дорогу сквозь неприступные горы.

К у д а ш е в А. Ледяной остров. М., «Молодая гвардия», 1955. 318 стр. с илл.

Научно-фантастический роман о советских нефтяниках, добывающих «черное золото» в открытом море.

М а р к о в Г. М. Соль земли. Роман. (Кн. 1). М., «Молодая гвардия», 1956. 375 стр.

Роман о работе советских геологов в Сибири.

Обручев В. А. В дебрях Центральной Азии. Записки кладоискателя. Изд. 3-е. М., Географгиз, 1956. 319 стр. с илл.

Занимательные рассказы о поисках кладов в развалинах древних городов, написанные на материале, собранном автором во время его путешествий.

Обручев В. А. Земля Санникова. М., Географгиз, 1957. 287 стр. с илл.

О том, как после долгих и трудных странствий через арктические льды путешественники нашли таинственную Землю Санникова, исчезнувшую в прошлом веке, рассказывается в этом романе.

Обручев В. А. Золотоискатели в пустыне. М., Географгиз, 1955. 207 стр. с илл.

В этой книге В. А. Обручев рассказывает о жизни и приключениях китайских рудокопов-золотоискателей прошлого столетия, загнанных нуждой в дикие, пустынные районы Джунгарии.

Обручев В. А. Плутония. М., Географгиз, 1957. 304 стр. с илл.

Научно-фантастическая повесть о необычайных приключениях шести отважных исследователей, проникших в недра Земли через отверстие среди льдов Арктики, дает читателям представление о природе минувших геологических эпох, о существовавших в те далекие времена животных и растениях.

Осипов В. Д. Тайна Сибирской платформы. М., «Молодая гвардия», 1958. 279 стр. с илл.

«Тайна Сибирской платформы» — документально-художественное повествование об истории поисков якутских алмазов, об упорстве советских геологов в преодолении трудностей, их вдохновенном труде и повседневном героизме.

Охотников В. Д. В мире исканий. Научно-фантастические повести и рассказы. М.—Л., Детгиз, 1952. 272 стр. с илл. (Б-ка науч. фантастики и приключений).

Приключенческие повести и рассказы из жизни советских геологов и инженеров.

Покровский С. В. Охотники на мамонтов. Поселок на озере. М.— Л., Детгиз, 1956. 271 стр. с илл.

Интересные повести о первобытных людях каменного века.

Поступальская М. И. Чистое золото. Повесть. М., Детгиз, 1956. 408 стр. с илл.

В этой повести рассказывается об одном из таежных золотых приисков Сибири, о том, как школьники помогли восстановить заброшенную шахту, в которой удалось открыть месторождение золота.

Пудалов Ф. Лоцман Кембрийского моря. М., Детгиз, 1956. 487 стр. с илл.

В книге увлекательно рассказывается о работе геологов под руководством молодого ученого Зырянова, задавшегося целью найти нефть в древнейших кембрийских слоях Земли.

Розенфельд М. Ущелье аламасов. Приключенческая повесть. М., Детгиз, 1955. 94 стр. с илл.

Увлекательная повесть о молодом ученом, отправившемся в рискованное и полное приключений путешествие в Желтую пустыню, где находятся никем не исследованные Аламасские горы.

Узин С. В. Загадки материков и океанов. М., Детгиз, 1958. 222 стр. с илл. и карт.

Интересные очерки о поисках исчезнувших таинственных землях Санникова, Андреева, исчезнувшего легендарного материка Атлантиды и других.

Яковлев А. Тайна Саратовской земли. Повесть. М.—Л., Детгиз, 1946. 96 стр. с илл.

А. Яковлев рассказывает в этой повести о том, как советские геологи нашли вблизи г. Саратова богатейшие месторождения газа.

Указатель имен и предметов

А

Абсолютный возраст горных пород — число лет, прошедших с момента образования горных пород до наших дней; определяется по распаду радиоактивных элементов, входящих в состав минералов, слагающих горные породы — 165, 277

Агассис, Жан Луи Рудольф (1807—1873) — швейцарский естествоиспытатель; доказал существование в истории Земли ледниковой эпохи —246—247

Агат — минерал, скрыто-кристаллическая тонкослоистая разновидность кварца; ценный поделочный камень —**134**[1], 297; 288—289 (цв. табл. 8)

Аквамарин — минерал, голубовато-зеленая разновидность берилла; драгоценный камень —133; 128—129 (цв. табл.)

Аллювий — продукты разрушения горных пород (галечник, песок, суглинок), переносимые и отлагаемые реками. С аллювиальными отложениями связаны ро́ссыпные месторождения алмазов, золота, платины, касситерита, шеелита, вольфрамита, рутила, монацита и др. —49, 54—55, 64, **98**

Алмаз — минерал, драгоценный камень, по составу — чистый кристаллический углерод. Искусственно ограненный прозрачный алмаз называется бриллиантом —81—82, **134—136**, 290

Альпийская складчатость — горообразование, происходившее в основном в третичном периоде. Результатом альпийской складчатости было образование горных хребтов в Европе (Альпы и др.), в Азии (Кавказские горы, Гималаи и др.), в Африке (Атлас) —**202**

Алюминий — металл, серебристо-белого цвета, широко распространен в земной коре; используется для получения легких и прочных сплавов (дюралюминий и др.). Его важнейшие руды: боксит и нефелин —100, **126**

Амалицкий, Владимир Прохорович (1860—1917) — русский геолог и палеонтолог; известен открытием (в 1901 г.) кладбища громадных пресмыкающихся пермского периода на берегах Сев. Двины—191

Аметист — минерал, прозрачная кристаллическая разновидность кварца фиолетового цвета—134, 286, **296**; 80—81 (цв. табл.), 288—289 (цв. табл. 6)

Аммониты — группа головоногих моллюсков, в большом количестве обитавших в морях юрского периода — 162, 163, **194**, 199

Ангидрит — минерал, по составу — безводный сернокислый кальций, белого и голубоватого цвета, используется как поделочный камень —**295**; 288—289 (цв. табл. 3)

Андезит — горная порода, плотная, темно-серая, образовавшаяся при остывании излившейся на поверхность магмы —94

Аносов, Павел Петрович (1797—1851) — выдающийся русский металлург; известен открытиями мирового значения в области производства высококачественных сталей и геологическими исследованиями Южного Урала — 110

Антиклиналь — складка пластов горных пород, обращенная выпуклым изгибом вверх; внутри такой складки заключены более древние породы, чем на ее крыльях — 149, 172, 174, 176, **214**, **220—221**

Антимонит (сурьмяный блеск) — минерал, соединение сурьмы с серой; главная руда для получения сурьмы — **293**; 288—289 (цв. табл. 1)

Антрацит— ископаемый каменный уголь, цвет черный с сильным металлическим блеском, содержит 89,5—96,5% углерода; высококачественное топливо — 141, 294, 295

Антропогеновый период — одно из названий четвертичного периода, предложенное в 1922 г. А. П. Павловым — 206

Апатит — минерал, по составу—фосфорнокислый кальций с хлором и фтором; ценное сырье для фосфатных удобрений, широко используется в химической промышленности —**129**, 281, **295**; 288—289 (цв. табл. 4)

Арарат — огромный потухший вулкан, находящийся в Турции —33

Артезианские (напорные) воды — воды, заполняющие водоносный пласт, заключенный между двумя водоупорными пластами; самый ценный источник водоснабжения, так как запасы их велики и они защищены от загрязнения — 61

Архангельский, Андрей Дмитриевич (1879—1940) — советский геолог. Среди многочисленных работ особенно ценны исследования геологического строения Европейской части Советского Союза и Средней Азии — 126

[1] Жирным шрифтом указаны страницы, на которых сообщаются более подробные сведения.

Архейская, или археозойская, эра (архей) — самый древний этап в геологической истории Земли; продолжительность его около 1 млрд. лет — 163, 170, 181

Археозойские отложения — самые древние горные породы, представленные преимущественно гнейсами, кристаллическими сланцами, кварцитами, мраморами —214

Археология — наука, изучающая по памятникам материальной культуры быт и культуру древних народов — **209—210**

Археоптерикс — ископаемая птица юрского периода, промежуточная форма животных между птицами и пресмыкающимися — **195—196**; 192—193 (табл. 2)

Археорнис (первоптица) — второй экземпляр древней птицы, обнаруженный в отложениях юрского периода; величиной с ворону —**196**

Археоциаты — беспозвоночные морские животные с известковым скелетом; вели неподвижный образ жизни в морях кембрийского периода —163, **182**

Археозавры — древние пресмыкающиеся, одна из самых интересных групп мезозойских пресмыкающихся, объединяющая крокодилов, динозавров и летающих ящеров —193

Асбест (горный лен) — группа волокнистых, огнестойких и кислотоупорных минералов, широко применяемых в промышленности — **131**, **132**, 295; 288—289 (цв. табл. 4)

Аспидный сланец — метаморфическая горная порода, разновидность глинистого сланца, распадающаяся на тонкие твердые плитки; прекрасный кровельный материал — 174—175

Астрагал — травы и кустарники из семейства бобовых, два вида которых произрастают на почвах, богатых ураном, селеном и ванадием —119

Асфальт — смолистое вещество темно-бурого и черного цвета; состоит из соединений углерода с водородом, азота и кислорода — 148, 266

Атолл — коралловый остров, имеющий форму сплошного или разорванного кольца; атоллы распространены в теплых морях, особенно в тропической части Тихого океана —**71**

Б

Базальт — горная порода, неполнокристаллическая, черного цвета, образовавшаяся при застывании излившейся на поверхность магмы. По составу близок к габбро (см. Габбро) — **93—94**, 239, 241, **299**; 296—297 (цв. табл. 2)

Базис эрозии (базис размыва) реки — уровень того водоема, в который впадает река. Ниже этого уровня река не может углублять свою долину. При понижении базиса эрозии размывающая работа реки усиливается, и наоборот —**55—56**

Бараний лоб — скала, сглаженная и отполированная ледником —77

Барит (тяжелый шпат) — минерал, сернокислый барий; используется для приготовления белил, эмалей, в качестве утяжелителей буровых растворов, наполнителя и т. д. — 127

Барханные пески — сыпучие пески в виде барханов, занимающие иногда большие площади — 65

Барханы — движущиеся песчаные холмы, в плане в виде полумесяца, нанесенные ветром; образуются обычно в пустынях, достигая высоты от 0,5 до 200 *м* — **65**, 98

Батолиты — огромные массивы глубинных магматических пород, неправильных очертаний, залегающие на очень большой глубине — 28, **95**, 215, 219

Белая слюда — см. Мусковит.

Белемниты (чертовы пальцы) — ископаемые животные из класса головоногих моллюсков, жили в мезозойскую эру—162, 163, **194—195**

Белоусов, Владимир Владимирович (р. 1907) — советский геолог, известный исследователь в области геотектоники —248

Беннеттиты — вымершие древовидные растения юрского и первой половины мелового периода — 197

Берилл — минерал из группы силикатов, имеет кристаллическое строение и высокую твердость (7—8). Прозрачные красиво окрашенные самоцветы (ярко-зеленый — изумруд, голубовато-зеленый — аквамарин, розовый — воробьевит)—драгоценные камни; непрозрачные минералы используются для получения бериллия — **115**, 133; 80—81, 128—129 (цв. табл.)

Бериллий — редкий металл, обладающий большой легкостью и высокой температурой плавления; применяется в металлургии для изготовления высококачественных сплавов —**112**, 115, 276

Биогенные породы — см. Органогенные породы.

Биогеохимия — наука, изучающая химический состав живых организмов и участие их в процессах перемещения, распределения и накопления химических элементов — 277—278

Биосфера — область распространения жизни на Земле, т. е. поверхность Земли, вся гидросфера и часть атмосферы, населенные организмами — 277—278

Биотит (черная слюда) — минерал, мягкий, тонкопластинчатый, окрашен преимущественно в темные тона (от темно-бурого до почти черного) — **294**, 298; 288—289 (цв. табл. 2)

Бисквит — пластинка неглазурованного фарфора для определения цвета черты минерала (т. е. цвета его порошка) —**292**

Благородные металлы — группа металлов, не растворяющихся в большинстве кислот и щелочей и не соединяющихся с кислородом воздуха (золото, серебро, платина, иридий, родий, рутений)—**120—123**

Блеск металлический — блеск определенной группы минералов, напоминающий блеск поверхности свежего излома металлов —289—290

Блеск неметаллический — стеклянный, алмазный, перламутровый, шелковистый и жирный —290

Блохин, Алексей Александрович (1898—1942) — советский геолог-нефтяник; открыл Ишимбаевское месторождение нефти в Башкирии (в 1932 г.)—272

Богхед — разновидность ископаемых углей, образовавшихся из остатков водорослей —**141**

Боксит — осадочная порода, богатая водными окислами алюминия; является главной алюминиевой рудой, а также рудой рассеянного металла галлия —117, **126**, **294**, **295**; 120—121 (цв. табл.)

«Большой Гейзер» — название самого крупного гейзера в Исландии —**35—36**

Борисяк, Алексей Алексеевич (1872—1944) — крупный советский геолог и палеонтолог; основатель и первый директор Палеонтологического института Академии наук СССР — 201

Брахиоподы — класс плеченогих, беспозвоночные морские животные, тело которых заключено в раковине. Обитали в морях палеозойской эры —163, **183**

Брекчия — обломочная горная порода, состоящая из сцементированных остроугольных обломков различных пород —98, 298; 296—297 (цв. табл. 1)

Бриллиант — см. Алмаз.

Бронзы — сплавы меди, преимущественно с оловом, алюминием, свинцом, бериллием и др.; имеют большое применение в машиностроении —124, 212

Брюхоногие моллюски — животные, обитатели морей, пресноводных бассейнов и суши. Раковина их спирально закручена. Известны с протерозоя. К ним относится современная виноградная улитка —163, 183

Буровые скважины — горные цилиндрические выработки (вертикальные, наклонные и горизонтальные), глубиной до 8000 *м* (нефтяные скважины). Эти скважины бурят для изучения геологического строения на больших глубинах, разведки полезных ископаемых, получения артезианской воды и в других целях —59, 153

Бурый железняк (лимонит) — общее наименование всех железных руд, состоящих из водных окислов железа. Руды образуются при разложении минералов, содержащих железо (пирит, халькопирит и др.) —106, **107**, **126**, 293, 295, 296; 288—289 (цв. табл. 5)

Бурый уголь — ископаемый уголь, представляет собой переходную стадию от ископаемых торфов к каменным углям; применяется как топливо и сырье для химической переработки —**140**, 294

Бух, Леопольд (1774—1853) — знаменитый немецкий геолог и палеонтолог —**244—245**

В

Валуны — окатанные водой или ледником обломки горных пород —90, 91, 156, 298

Ванадий — металл, серебристо-белый, тугоплавкий; используется для получения специальных сталей — 112, 116

Ванадинит — минерал, соединение ванадия, свинца, хлора и кислорода; одна из руд ванадия — 116

Везувий — действующий вулкан близ города Неаполя— 31, 33

Вернадский, Владимир Иванович (1863—1945) — выдающийся советский естествоиспытатель, минералог и кристаллограф, основатель новых наук: геохимии, биогеохимии и радиогеологии —263, **274—278**, 280

Вернер, Абраам Готлиб (1750—1817) — знаменитый немецкий геолог и минералог; создал нептуническую теорию образования горных пород, согласно которой последние образовались из водных осадков —**240—241**

Верхне-Чусовские Городки (Урал) — поселок на р. Чусовой, где расположены крупные месторождения нефти — **272**

Верховодка — временные подземные воды, которые накапливаются в самых верхних частях земной поверхности, куда проникают атмосферные осадки— **60**

Ветер — перемещение воздуха, обусловленное неравномерным его нагреванием и различным атмосферным давлением. Важный преобразователь поверхности Земли —**63—68**

Вечная мерзлота — слой горных пород в земной коре, промерзший и скованный льдом, сохраняющий длительное время (от нескольких лет до тысячелетий) отрицательную температуру —61, 158, 166, 283

Вивианит — минерал, водный фосфат закиси железа; употребляется для удобрения почв и как краска; встречается часто в торфяниках —129, 285

Виноградов, Александр Павлович (р. 1896) — советский геохимик и биогеохимик —278

Висмут — металл серого цвета; в природе встречается в самородном состоянии или в соединении с серой; употребляется в медицине и парфюмерии — 178; 80—81 (цв. табл.)

Водные окислы — группа минералов, представляющих собой соединения окислов различных элементов с водой —88

Водоворот — вихревые и круговые движения воды в реках, морях, образующиеся при встрече различно направленных течений или при встрече течений различной скорости —**52—53**

Водоносный горизонт — часть пласта или слой горных пород, насыщенный водой —**58**

Водопроницаемые породы — горные породы, способные пропускать сквозь себя воду (напр., галечник, гравий, пески) —**57**

Водоупорные породы — горные породы, не пропускающие через себя воду (напр., глины, массивные нетрещиноватые кристаллические породы) —58

Вольфрам — тяжелый тугоплавкий металл серо-стального цвета; употребляется для изготовления нитей в электролампочках и получения высококачественных сталей —112, 116

Вольфраматы — группа минералов, являющихся природными соединениями вольфрамовой кислоты с различными металлами (вольфрамит, шеелит); руды вольфрама —88

Вольфрамит — минерал, железомарганцовая соль вольфрамовой кислоты; одна из главных вольфрамовых руд; иногда содержит металл скандий — 116, 217

Воробьевит — минерал, прозрачная разновидность берилла розового цвета; драгоценный камень — 117, 133; 128—129 (цв. табл.)

«Второе Баку»—устаревшее название Волго-Уральского нефтяного района (расположен между Волгой и Уралом) — 153

Вулканизм — все явления, обусловленные деятельностью магмы как на глубине, так и на поверхности Земли —**25—33**, 176, 180

Вулканисты —см. Плутонисты.

Вулканические бомбы — застывшие куски лавы, различной величины, веретенообразной формы, выброшенные при извержении вулканов —28

Вулканические (излившиеся, эффузивные) породы — породы, образовавшиеся на поверхности и вблизи нее при застывании магмы, излившейся из жерл вулканов или из трещин—**92—95**

Вулканический туф — горная порода, образовавшаяся из твердых продуктов вулканических извержений; очень ценный строительный материал —**28**, 156; 296—297 (цв. табл. 2)

Вулканическое стекло (обсидиан) — излившаяся вулканическая порода темного и бархатно-черного цвета, имеющая характерный раковистый излом и стекловатое строение —**94**, 299; 296—297 (цв. табл. 2)

Вулканологические станции (обсерватории) — станции, где ученые ведут постоянные наблюдения за вулканами —**26**

Вулканология — геологическая наука, изучающая образование вулканов, их развитие, распространение, а также состав продуктов вулканических извержений —**26**

Вулканы — обычно конусообразной формы горы, имеющие на поверхности отверстия, по которым из недр изливается расплавленная магма, выбрасываются обломки пород, горячие пары и газы—20, **25—33**, 178

Выклинивание — постепенное уменьшение мощности пласта или жилы до полного исчезновения —100

Г

Габбро — глубинная магматическая изверженная порода темного цвета, состоящая из полевых шпатов и темноцветных минералов (роговой обманки) —**92**, 171, 298; 296—297 (цв. табл. 2)

Газовая съемка— метод поисков газо-нефтяных месторождений; основан на наличии повышенного содержания углеводородных газов в подпочвенных слоях в районе, где имеются месторождения нефти или газа —**228**

Галенит (свинцовый блеск) — минерал, соединение свинца с серой; главная свинцовая руда —**86**, 124, 291, 293; 288—289 (цв. табл. 1)

Галечник — горная порода, представляющая собой рыхлое несцементированное скопление речной или морской гальки —57, 298

Галоидные соединения — группа минералов, являющихся природными соединениями фтористоводородной и соляной кислот с металлами (флюорит, каменная соль, сильвин и др.) —88

Галька — окатанные водой обломки горной породы, размером от 1 до 10 *см* —69, 97, 297, 298

Гейзер — горячий источник, расположенный обычно в районе, где имеются действующие вулканы; периодически выбрасывает на значительную высоту горячую воду и пар —33, **34—38**

Гейзерит — минеральные отложения гейзеров —**34**

Гекла — действующий вулкан в Исландии —31, 33

Геликоприон — ископаемая рыба, относящаяся к примитивной группе акул —262, 268

Гелиодор — минерал, разновидность берилла, золотистого цвета; драгоценный камень —133; 128—129 (цв. табл.)

Гематит (железный блеск, красный железняк) — минерал, окись железа; характерен вишнево-красный цвет черты; ценная железная руда —106, **107**, 294, 295, 296; 288—289 (цв. табл. 1)

Геологическая деятельность воды — способность подземных вод растворять химически неустойчивые породы (известняки, гипс, каменная соль и др.). Минерализованные воды своим воздействием могут превращать одни минералы в другие —57

Геологическая история Земли — история развития Земли с момента образования земной коры —205

Геологическая разведка — горные и буровые работы, проводимые с целью установления количества и качества полезных ископаемых, условий их залегания —**19**, 299

Геологическая съемка — способ изучения геологического строения верхних частей земной коры, в результате чего составляются геологическая карта и разрезы (профили) —**18—19**, **218**

Геологическая эпоха — промежуток времени, в течение которого образовался определенный комплекс горных пород —158, 163

Геологические карты — карты, на которых показано распространение изверженных и осадочных пород разного возраста — **213—216**; 176—177 (карта)

Геологические конгрессы — международные съезды геологов, на которых обсуждаются новейшие геологические проблемы; во время конгрессов совершаются научные геологические экскурсии —214

Геологические экспедиции — экспедиции с целью изучения геологического строения определенного района, выявления полезных ископаемых и остатков вымерших животных —214, 231

Геологический разрез (профиль) — графическое изображение на вертикальной плоскости формы залегания горных пород —**220—221**

Геология—наука о составе и строении каменной оболочки Земли, ее происхождении, формировании «лика» Земли и развитии органического мира — **17—20**

Геосинклиналь — подвижная область земной коры, в пределах которой отмечается интенсивное складкообразование и магматическая деятельность, область длительного прогибания и накопления мощных толщ морских осадков —**173**, 177, 179, **248**

Геотектоника — см. Тектоника.

Геофизические методы разведки полезных ископаемых — методы разведки полезных ископаемых, основанные на использовании различных физических свойств горных пород: магнитных, электрических, радиоактивных, тепловых и др. — 18, 21, **225—228**

Геохимия — наука о химическом составе и законах распределения, сочетания и перемещения химических элементов земной коры —18, 209, 263, **276**

Геохронологическая таблица — таблица, которая показывает расположение в определенной последовательности условных отрезков времени, на которые делится история Земли —**163**, 205

Герцинское горообразование — образование гор, происходившее в конце карбона и начале перми — 191

Геттон, Джемс (1726—1797) — выдающийся шотландский натуралист-геолог; основатель школы геологов-плутонистов («вулканистов»), установивший, что все массивные кристаллические породы образовались при застывании расплавленной магмы—241

Гидрогеология — отрасль геологии, изучающая образование, состав, деятельность и распространение подземных вод — 19—20, 62, 276

Гидросфера — водная оболочка Земли, включающая моря, океаны, реки, озера и подземные воды — 22, 277

Гидротермальные жилы — минеральные вещества, выпавшие из горячих водных магматических растворов в трещинах земной коры —**96**, **97**

Гинкговые — обширный класс голосемянных растений, сходных с хвойными, но отличающихся от них формой листьев. Основное развитие их происходило в мезозойскую эру —197

Гипотеза О. Ю. Шмидта — гипотеза, согласно которой планеты, в том числе и Земля, образовались из облаков космической пыли, обращавшейся некогда вокруг Солнца. Земля вначале была в холодном состоянии —**21**

Гипотеза сжатия Земли—см. Контракционная гипотеза.
Гипоцентр — очаг или место возникновения землетрясения внутри Земли. Глубина его до 100 *км*, редко до 700 *км*—39, 40
Гиппарион — ископаемая трехпалая лошадь, населявшая степные пространства Земли в конце третичного периода —202, 207, 234; 192—193 (табл. 7)
Гипс — минерал, водный сернокислый кальций, очень мягкий (твердость 1,5—2); применяется в строительстве, для скульптурных работ, в хирургии и т. д. —57, 131, 290, 291, **294**, **299**
Глетчер — горный ледник —74
Глетчерный лед — прозрачный голубоватый лед, состоит из ледяных кристаллов; образуется в результате уплотнения фирнового льда (непрозрачного, зернистого) —**74**
Глина —осадочная горная порода, состоящая из алюминия, кремния, кислорода, водорода и воды — 100, 286, 297, **299**
Глинистый сланец — сланцеватая плотная горная порода, образовавшаяся после уплотнения и перекристаллизации глин —97, 174, **299**
Глинозем — см. Корунд.
Глубинное давление — давление на разных глубинах земной коры; достигает огромных размеров: от 1350 атмосфер на глубине 5 *км* до 1 677 900 атмосфер на глубине 3200 *км* —**23**, 101
Глубинные (интрузивные) породы — магматические породы, образовавшиеся на больших глубинах —**90—92**, 171
Гляциология — наука о ледниках, их физических свойствах, геологической деятельности и развитии — 78
Гнейс — наиболее распространенная метаморфическая горная порода; состоит из тех же минералов, что и гранит (см. Гранит), отличаясь от него слоистым строением, полосчатостью —**102**, 299
Гнилостный ил — см. Сапропель.
Голицын, Борис Борисович (1862—1916) — выдающийся русский геофизик, основатель науки о землетрясениях (сейсмологии) —42, 43, 264
Головоногие моллюски — морские животные, известные с кембрия; широкое развитие получили в мезозойскую эру; современные формы: спруты, каракатицы, кальмары —162, 163, 183, **194—195**
Голубятников, Дмитрий Васильевич (1866—1933) — советский геолог, специалист по геологии нефтяных бакинских месторождений —271
Гондвана — огромный материк, который существовал, по мнению некоторых геологов, в Южн. полушарии в течение палеозойской эры и в начале мезозойской. (Гондвана включала Африку, Южн. Америку и значительную часть нынешнего Индийского океана.) — 248
Горная бумага (палыгорскит) — минерал, волокнистый, мягкий; в состав его входят кремний, магний, алюминий и кислород —286
Горная складка — см. Складки горных пород.
Горные породы — скопления одного минерала или закономерные сочетания нескольких минералов, которые слагают значительные участки земной коры. Простые горные породы состоят из одного минерала. Сложные горные породы состоят из нескольких минералов — 89—104, 157, 213, **297—299**
Горный компас — прибор для определения элементов залегания горных пород —219
Горный лен — см. Асбест.
Горный промысел — добыча различных полезных ископаемых —249—255
Горный хрусталь — минерал, водяно-прозрачный бесцветный кварц —128, **133—134**, 286, 296; 80—81 (цв. табл.), 288—289(цв. табл. 6)
Горообразование — процесс образования гор в результате сложного и разнообразного перемещения слоев земной коры —**173**, **247—248**
Горст — возвышенность, приподнятый участок земной коры, ограниченный сбросами —173, 179
Горы глыбовые — горы, созданные сбросами, разбившими земную кору на глыбы; возникают на месте платформ (см. Платформы) —179
Горы складчатые — горы, сложенные породами, смятыми в складки; возникают в геосинклинальных, т. е. подвижных, участках земной коры —173, 179
Горючие газы — прекрасное топливо, широко используется в химической промышленности; эти газы часто встречаются вместе с нефтью в недрах Земли — **146**, **152**
Горючие ископаемые — горючие горные породы (торф, угли, горючие сланцы, нефть), образованные остатками организмов и продуктами их разложения — **136—154**
Горючие сланцы — горные породы, глинистые, песчанистые и известняковые, отличающиеся сланцеватым сложением и горючестью; используются как местное топливо, а также как сырье для перегонки и получения газа, бензина, керосина и т. п. — **152**, **153**
Грабен — опущенный участок земной коры, ограниченный сбросами — 173, 179
Гравий — рыхлая горная порода, состоящая из обломков пород и минералов различной окатанности, размер их от 2 до 10 *мм* —297, 298
Гравиметр — прибор для измерения изменений силы тяжести —225
Гравитационная разведка полезных ископаемых — геофизический метод поисков и разведки полезных ископаемых, основанный на измерении силы тяжести —**225**
Гранат — минерал различных цветов (красного, зеленого, желтого и др.), сложного состава; обладает довольно высокой твердостью (6,5—7,5), что позволяет использовать его как полировочный материал. Прозрачные, красиво ограненные разновидности — полудрагоценные камни —102, 136, **296**; 288—289 (цв. табл. 5)
Гранит — глубинная магматическая кристаллическая изверженная горная порода, состоящая преимущественно из полевого шпата, кварца, а также роговой обманки и слюды —47, 80, **90—91**, 298; 296—297 (цв. табл. 1)
Гранитогнейс — метаморфическая горная порода, переходная от настоящих гранитов к полосчатым их разновидностям — гнейсам —**103**, 104
Граптолиты — вымерший класс кишечнополостных — 163, **184—185**
Графит — минерал, разновидность чистого углерода, очень мягкий; обладает ценными свойствами: высокой теплоэлектропроводностью и огнеупорностью — 81—82, 291, **293**, 294
Грунтовые воды — подземные воды, которые насыщают первый от поверхности водоносный горизонт —**61**
Грязевые вулканы (сальзы) — сопки, из которых периодически или непрерывно выделяются газ, вода и грязь, представляющая собой жидкую глину; обычно связаны с месторождениями нефти —**271**, 272
Губки — тип низших многоклеточных морских и водных животных; известны с кембрийского периода —163, 181, 182

Губкин, Иван Михайлович (1871—1939) — выдающийся советский ученый-геолог, один из основоположников геологии нефтяных и газовых месторождений —150, 153, **270—274**

Д

Дашава — месторождение газа на Украине, в предгорьях Карпат —152

Движения земной коры (тектонические движения) — перемещения вещества в земной коре в результате внутренних процессов. Различают колебательные, складчатые и разрывные движения — **41**, 173, 178—179, 256

Девонский период (девон) — третий период палеозойской эры —163, **187**

Девоншир — графство на юго-западе Великобритании, где впервые были описаны отложения девонского периода —187

Делювий — рыхлые продукты выветривания горных пород, перемещенные по склонам гор и холмов под действием собственной тяжести, а также атмосферными осадками —49

Демаре́, Никола́ (1725—1815) — французский ученый-геолог; установил вулканическое происхождение базальта —**239—240**

Дендриты — древовидные формы кристаллов; образуются при быстрой кристаллизации минералов — 80—81 (цв. табл.)

Диатомеи — одноклеточные водоросли с кремневым панцирем; живут в пресных водах и морях —99

Диатомит — легкая кремнистая осадочная горная порода желтого и светлого цвета; состоит из кремневых створок диатомей, радиолярий; используется в строительной, пищевой, химической промышленности —**99**

Диметродон — ископаемое хищное пресмыкающееся из группы динозавров —192; 192—193 (табл. 1)

Динихтис — ископаемая гигантская панцирная акулоподобная рыба; распространена была в девоне —187

Динозавры — большая группа ископаемых наземных пресмыкающихся, живших в мезозойскую эру — 163, **193**, 197, 198, **231**; 232—233 (цв. рис.)

Диноцерат — ископаемое копытное животное, жившее в начале третичного периода — 200, 233

Диноцефал — ископаемое звероподобное пресмыкающееся, обнаруженное в отложениях конца пермского периода — 184—185 (карта)

Диорит — глубинная изверженная кристаллическая горная порода, состоящая преимущественно из плагиоклаза и роговой обманки —**91**, 298; 296—297 (цв. табл. 1)

Диплодок — ископаемое гигантское животное из группы динозавров, жившее в юрском периоде —196

Дислокации — нарушения первоначального залегания пластов (складки, разрывы, сбросы и т. д.)—**172**

Дицинодонт (двуклыкозуб) — ископаемое травоядное, звероподобное пресмыкающееся; известен в отложениях пермского и триасового периодов — 192

Долина речная — форма рельефа, образовавшаяся в результате разрушающей деятельности рек—49, 53, 54

Долина ледниковая (трог) — долина, образовавшаяся в результате разрушающей деятельности ледника при его перемещении; обычно имеет корытообразную форму —**75**

Доломит—минерал, по составу — магниевый карбонат; осадочная горная порода, состоящая из минерала доломита с примесью кальцита; используется как огнеупорный материал в металлургии, химии и стекольном производстве —295, 299

Драгоценные камни — минералы, бесцветные или красивые самоцветы, обладающие прозрачностью, высокой твердостью, кристаллической формой и способностью хорошо ограняться. К ним относятся: бриллиант (ограненный алмаз), рубин и сапфир (красная и синяя прозрачные разновидности корунда), изумруд (берилл, обычно ярко-зеленый) — 85, 132, 133, 134, **135—136**; 128—129 (цв. табл.)

Древние моря — моря, существовавшие в прошлые эпохи, о чем свидетельствуют морские осадки с морской фауной на территории современной суши — 73, 215, 256

Дриопитек — древняя человекообразная обезьяна, предок современных горилл и шимпанзе —210

Дунит — глубинная кристаллическая горная порода, состоящая главным образом из минерала оливина— 92, 122, 298; 296—297 (цв. табл. 2)

Дымчатый кварц — минерал, разновидность кварца, окрашенная в дымчато-серый цвет; поделочный камень —96; 288—289 (цв. табл.6)

Дюны—холмы и гряды песка, образующиеся в результате деятельности ветра на песчаных берегах морей и рек —**66**

Дюралюминий (дуралюмин, дюраль) — сплав алюминия с медью, магнием, марганцем, кремнием и другими элементами —126

Е

Еремеев, Павел Владимирович (1830—1899) — выдающийся русский минералог —260

Ж

Железистые кварциты — сильно метаморфизованные очень плотные древние горные породы; образуются в результате изменения песчаников, содержащих окислы железа; при содержании железа более 45% используются как железная руда —103, 107

Железные руды — минералы и горные породы, содержащие от 27 до 72% железа; важнейшие: магнетит, сидерит, гематит, бурые железняки, железистые кварциты —100, 104, **106—108**

Железный колчедан — см. Пирит.

Железо — элемент, редко встречается в самородном виде; в соединениях распространено очень широко — 105, **108—110**

Жила — минеральное тело, заполняющее трещину в земной коре. Жила образуется застывшей магмой или минералами, выпавшими из горячих магматических, реже из холодных растворов —**95—97**

З

Забой — конец горной выработки, шурфа, штольни, шахты или буровой скважины. Забой перемещается в процессе проходки выработки — 19

Зауролоф — ископаемое гигантское животное из группы утконосых динозавров; обитатель водных бассейнов мелового периода — **198**

Землетрясение — колебания отдельных участков земной коры, связанные с перемещением пластов земной коры или с извержениями вулканов — 22, **38—44**, 178, 263

Земная кора (литосфера) — твердая внешняя оболочка Земли, мощностью 50—60 *км* — **22**, 101, 180

Земноводные (амфибии) — класс позвоночных, представители которого в личиночном состоянии ведут водный образ жизни и дышат жабрами, во взрослом же состоянии дышат легкими. Известны с конца девона — **163**, **189**

Зеркало грунтовых вод — водная поверхность в скважинах, колодцах и других выработках — 58

Зернистое строение породы—характерно для некоторых магматических и метаморфических пород, состоящих только из кристаллических зерен — 91, 92, 297

Золото — благородный металл; в природе встречается обычно в самородном виде с примесью серебра и др. металлов — **120—122**; 80—81, 120—121 (цв. табл.)

Зюсс, Эдуард-Фридрих (1831—1914) — выдающийся австрийский геолог; в своей работе «Лик Земли» обобщил все наблюдения, известные геологам его времени — **247—248**

И

Игуанодон — огромное ископаемое растительноядное пресмыкающееся из группы динозавров; существовало в течение юрского и мелового периодов — **198**

Изверженные (магматические) породы — горные породы; образуются из магмы в результате ее охлаждения и кристаллизации — 87, **89—97**

Известковый шпат — см. Кальцит.

Известняк — осадочная горная порода, состоящая из кальцита с незначительной примесью глинистого вещества, окислов железа и др. Перекристаллизованные известняки называются мраморами — 87, **99**, 169, 299

Излом — форма поверхности, образующаяся при раскалывании минералов и горных пород. Различают ровный излом (у слюд, гипса), ступенчатый (у свинцового блеска, полевых шпатов), неровный (у апатита), занозистый (у роговика, асбеста), раковистый (у обсидиана, халцедона и др.) — **292**, 297

Изотопы — атомы одного и того же химического элемента, имеющие одинаковый заряд ядра и одинаковый порядковый номер в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева, но различный атомный вес — 277

Изумруд — минерал, зеленая прозрачная разновидность берилла; драгоценный камень — 133; 128—129 (цв. табл.)

Ил — отложение из мельчайших частиц, образующееся в виде осадка на дне рек, озер, морей. Ил — первая стадия в формировании осадочных горных пород — 97, 99

Ильменит (титанистый железняк) — минерал, состоящий из титана, железа и кислорода; руда железа и титана — 108, 116, **117**

Иностранцев, Александр Александрович (1843—1919)— выдающийся русский геолог; известен геологическими исследованиями северных районов Европейской части России; один из первых широко применил микроскоп для изучения горных пород — 192, 261

Иностранцевия — ископаемое животное из семейства хищных пресмыкающихся; названа в честь геолога А. А. Иностранцева; найдена в отложениях пермского периода — 192; 232—233 (цв. рис.)

Иридий — редкий благородный металл, серовато-белого цвета, очень тугоплавкий — 122

Ископаемые организмы — животные и растения, имевшие распространение в минувшие геологические эпохи — 158—162, **180—205**, 230—236

Исландский шпат — минерал, бесцветная и прозрачная разновидность кальцита; обладает сильным двойным лучепреломлением; используется в оптике и приборостроении — 82, 128

Историческая геология — геологическая наука, изучающая и устанавливающая события, происходившие на Земле в далекие времена (образование горных пород, горообразовательные движения, развитие живых организмов и т. д.) и их последовательность — 155, 162, **242**

Ихтиозавры — ископаемые морские пресмыкающиеся, найдены в отложениях триасового, юрского и мелового периодов — 160, 163, **194**; 192—193 (табл. 2)

Ихтиорнис — ископаемая птица мелового периода, похожая на современную чайку — 199

К

Казбек — потухший вулкан на Кавказе — **25**, 174, 175

Кайнозойская эра (кайнозой) — последний крупный этап в геологической истории земной коры, подразделяющийся на четвертичный и третичный периоды — 163, **200—203**

Каламиты — ископаемые древовидные хвощевые растения; максимального развития достигли в каменноугольном периоде — 190

Каледонская складчатость — горообразование в кембрийском и силурийском периодах — **185—186**

Калийные соли — группа минералов, содержащих калий (сильвин, карналлит и др.). Используются для изготовления минеральных удобрений и в химической промышленности — 73, 127, 128, 170, 292

Калий — металл, легкий и мягкий; химически очень активен; в природе встречается только в виде соединений; используется для производства фотоэлементов, в химической промышленности, в сельском хозяйстве и биологии — 27, 88, 164

Кальцит (известковый шпат) — минерал, широко рас-

пространенный в природе, карбонат кальция. Прозрачная бесцветная разновидность кальцита—исландский шпат — 286, 290, 292, **295**, 298; 288—289 (цв. табл. 3)

Каменная соль (галит) — минерал, хлористый натрий; используется в пищевой, химической, кожевенной промышленности — 57, 73, 128, **131**, 299

Каменноугольный период (карбон) — четвертый период палеозойской эры геологической истории Земли. Для него характерно развитие пышной наземной растительности и многочисленных земноводных — 143, 163, **189—191**

Каменные строительные материалы — разнообразные горные породы, применяемые в жилищном и промышленном строительстве (глина, песок, гравий, граниты, базальты, мраморы, известняки и др.)— 94, 100, 103, 104, 128

Каменный век (палеолит) — эпоха в истории развития человеческой культуры, когда люди пользовались орудиями, изготовленными весьма грубо из камня; начался примерно 800 тыс. лет до н. э., закончился на Древнем Востоке около 6 тыс. лет до н. э. и в Европе 4,5 тыс. лет до н. э.—18, 208

«Каменный пояс»— древнее название Уральского хребта — 252

Каменный уголь — горная порода растительного происхождения: образовался из растительного вещества под большим давлением без доступа воздуха — **140—147**, 170, 191, 294

Каолин — осадочная горная порода белого цвета, состоит главным образом из минерала каолинита — 127, 128

Каолинит — глинистый минерал, состоящий из алюминия, кремния и кислорода — 47, **294**

Каптаж — сооружения на месте выхода источника подземных вод в виде колодца или буровой скважины для предохранения воды от загрязнения — **59**

Кара-Богаз-Гол — залив на восточном побережье Каспийского моря; один из важнейших источников получения мирабилита — **99**, **131**

Карагандинский угольный бассейн — крупнейшее месторождение каменного угля в Казахстане; одна из основных угольных баз Советского Союза —144

Карат — весовая единица для драгоценных камней, равная 0,2 *Г* — 128, 136

Карбон — см. Каменноугольный период.

Карбонаты — группа минералов; природные соединения угольной кислоты с металлами (кальцит, сидерит, магнезит и др.) — 88

Карналлит — минерал, химический морской осадок, состоящий из калия, магния, хлора и воды; важнейший источник для получения калия и магния — 126, 131, **294**, **295**; 120—121 (цв. табл.)

Карпинский, Александр Петрович (1847—1936) — крупнейший советский геолог, основоположник советской геологии; президент Академии наук СССР с 1917 по 1936 г. — 261, **267—269**

Карст — известняковое плато; карст — совокупность явлений, связанных с деятельностью воды: образование пещер, пустот, воронок в легко растворимых породах (в гипсах, известняках, каменной соли) —**57**

Карты геологические — см. Геологические карты.

Карты палеогеографические — см. Палеогеографические карты.

Карьер — горная выработка для извлечения полезных ископаемых открытым способом (карьеры для добычи песка, глины, гравия, мрамора и др.) — 145, 158

Касситерит (оловянный камень) — минерал, соединение олова с кислородом; важнейшая оловянная руда — **124—125**; 120—121 (цв. табл.)

Катастрофисты — сторонники теории катастроф, распространенной в начале XIX в. Согласно этой теории, в геологической истории Земли периодически возникали катастрофы, изменявшие лик Земли и уничтожавшие все живое на Земле — **244**

Кварц — минерал, наиболее распространенный в земной коре, окись кремния. Прозрачные кристаллы бесцветного кварца называются горным хрусталем—88, 90, 126, **133**, 296; 288—289 (цв. табл. 6)

Кварцевые порфиры — древние магматические излившиеся горные породы с тонкозернистой, плотной, бурого цвета основной массой, в которой располагаются кристаллы кварца и калиевого полевого шпата — 94

Кварцевый песок — рыхлая обломочная горная порода, состоящая из кварцевых зерен с незначительной примесью глины, зерен полевых шпатов и слюды — 128

Кварцит — метаморфизованная осадочная горная порода, образованная из кварцевого песчаника — **103**, 156, 171, 175, 289

Кембрийский период (кембрий) — первый период палеозойской эры — 163, **182**

Керн — цилиндрический столбик породы, получаемый при колонковом бурении и извлекаемый на поверхность — 135

Керченское месторождение руд — одно из крупнейших в мире месторождений железных руд (лимонита); в них присутствуют также марганец и ванадий — 108

Кимберлит — магматическая горная порода, состоящая из оливина, пиропа, слюды, серпентина и других минералов, часто содержит алмазы — **136**

Киноварь — минерал, соединение ртути с серой; руда ртути — **295**

Кистеперые рыбы — ископаемый подкласс рыб (в настоящее время существует один род кистеперых рыб — латимерия); были широко распространены в палеозойское время — 188, 189

Клювоголовые — отряд древних пресмыкающихся. В настоящее время известен один род их — гаттерия, в Новой Зеландии — 193

Ключевская сопка — самый высокий действующий вулкан в СССР, на Камчатке — 29, 30, 31

Кобальт —металл серого цвета с красноватым оттенком, тугоплавкий, твердость выше, чем у железа. Употребляется для изготовления специальных сталей и сплавов, а также красок — 133

Ковалевский, Владимир Онуфриевич (1842—1883) — выдающийся русский биолог-дарвинист, основатель эволюционной палеонтологии — 267

Кокс — горючий материал, получаемый в результате сухой перегонки каменного угля (а также торфа) без доступа воздуха; используется при выплавке чугуна в доменных печах, для изготовления электродов и т. п. — 111, 146

Кокшаров, Николай Иванович (1818—1892) — русский минералог, произвел описание многих минералов с очень точными кристаллографическими измерениями — 257, 260

Колодцы артезианские — скважины для использования глубоких вод, выходящих на поверхность под напором — 61

Конгломерат — осадочная горная порода, состоящая из окатанных обломков, гальки различных пород, сцементированных окислами железа, глиной, кремнеземом и т. д. — **97**, 298; 296—**297** (цв. табл. 2)

Контакт — поверхность соприкосновения различных горных пород — **27**, 102
Контракционная гипотеза — учение о сжатии земной коры в результате охлаждения, чем объясняются колебательные движения, разрывные нарушения: трещины, разломы, сдвиги и т. д. — **248**
Коралловые рифы — скальные сооружения, образованные кораллами; особенно распространены в тропической части Тихого океана — **71**, 98
Кораллы — морские беспозвоночные животные типа кишечнополостных; имеют массивный известковый скелет; существуют с силурийского периода— 71, 163, **184**
Кордаиты — ископаемые мощные древесные растения (каменноугольного и пермского периодов) — 191
Кордильерский ледниковый центр — один из центров оледенения Сев. Америки в четвертичном периоде— 208
Корненожки — класс простейших животных, образующих четыре отряда: амёбы, солнечники, фораминиферы и радиолярии. Многие из них имеют кремнёвый или известковый скелет — 70, 72
Корунд— минерал, окись алюминия (глинозем); характеризуется очень высокой твердостью—85, **132**, 290; 128—129 (цв. табл.)
Котилозавры — самая древняя и примитивно устроенная группа пресмыкающихся. Существовали с каменноугольного до триасового периода—**163**, **191**, 192
Котлассия — ископаемое животное, переходная форма от земноводных к пресмыкающимся. Найдена в пермских отложениях близ г. Котласа — 192
Красная океаническая глина — глубоководные осадки современных океанов; образованы мельчайшими частицами вулканической пыли, скелетами мелких организмов — радиолярий и др. — **73**
Красный железняк — см. Гематит.
Кратер вулкана — чашеобразная впадина с обрывистыми стенками, которой заканчивается жерло вулкана (канал, соединяющий очаг вулкана с поверхностью земли) — 20, **26**
Крекинг — установка для переработки нефти и тяжелых нефтепродуктов с целью получить бензин —148
Кремень — скрыто-кристаллическая разновидность кварца с примесью глины, песка и других веществ — **134**, 286, 296, 299; 288—289 (цв. табл. 6)
Кремнезем—соединение кремния с кислородом; в природе распространен в виде кварца и его разновидностей — 133, 134, 297
Кремний — химический элемент, самый распространенный в земной коре после кислорода; входит в состав большинства горных пород — 88
Креодонты — ископаемые примитивные хищные млекопитающие, жившие в третичный период —163, 201
Криолит—минерал, в состав которого входят натрий, алюминий и фтор; в природе встречается редко; искусственно изготавливается в огромном количестве для алюминиевой промышленности — 89
Кристаллизация — процесс образования и роста кристаллов — 83—85
Кристаллические породы — см. Зернистое строение породы.
Кристаллические сланцы—метаморфические горные породы, возникшие в результате перекристаллизации осадочных или магматических горных пород — **102**, 171
Кристаллография — наука, занимающаяся изучением формы кристаллов, их свойств, условий образования и т. д. — 260
Кристаллы — твердые тела, обладающие природной многогранной формой, которая обусловливается их внутренним строением — строго определенным расположением атомов — **79—86**
Кропоткин, Петр Алексеевич (1842—1921) — знаменитый географ, исследователь Восточной Азии; создал теорию оледенения Земли — 247
Курская магнитная аномалия — самое крупное в мире месторождение железистых кварцитов — 103, **106—107**
Курчавые скалы — округленные и отполированные ледником скалы — 77
Кювье, Жорж (1769—1832) — выдающийся французский палеонтолог; создал гипотезу катастроф в геологической истории Земли — **242—244**
Кюри, Пьер (1859—1906) — выдающийся французский физик; открыл элементы радий и полоний, изучал явление радиоактивности элементов—**115**, 263
Кюри-Склодовская, Мария (1867—1934) — знаменитый польский химик и физик; жена Пьера Кюри, вместе с которым открыла новые элементы — радий и полоний — **115**, 263

Л

Лабрадор — минерал, натриево-кальциевый полевой шпат, красивый облицовочный камень — **296**; 288—289 (цв. табл. 5)
Лабрадорский ледниковый центр — самый восточный центр оледенения Сев. Америки в четвертичном периоде; находился на п-ве Лабрадор — **208**
Лава — раскаленная жидкая или очень вязкая магма, выливающаяся на поверхность при извержении вулканов — 28, 41, 90, 156
Лавовые слезы — застывшие в каменные капли брызги жидкой лавы, образующиеся при извержении вулканов — 28
Лагуна — мелководный залив, отделенный от моря косой, а также озеро внутри кольцеобразных коралловых о-вов или внутри затопленного кратера вулкана — 71
Лайель, Чарлз (1797—1875) — выдающийся английский геолог; считал, что все перемены, происходившие в земной коре, вызваны теми же геологическими силами, которые действуют и в настоящее время — **245—246**
Лакколиты — караваеобразной формы массивы магматических пород, застывших на незначительной глубине. Осадочные породы, покрывающие лакколит, бывают куполообразно приподняты —28, **95**
Лапилли — обломки лавы, выброшенные при извержении вулканов; величиной с горошину или лесной орех — **28**
Левинсон-Лессинг, Франц Юльевич (1861—1939) — выдающийся советский петрограф — 261
Легкоплавкие редкие металлы — группа редких металлов (литий, рубидий, цезий) с очень низкой температурой плавления (у цезия 28°,5) — 112, 117
Ледники — скопления льда на земной поверхности, находящиеся в движении — **73**, 156, 207, 246
Ледопад — участок ледника на месте пересечения им крутого уступа (порога) долины — 76
Леонардо да Винчи (1452—1519) — гениальный итальянский художник, инженер и ученый эпохи Возрождения — **238**

Лепёхин, Иван Иванович (1740—1802) — географ и геолог, разделявший взгляды М. В. Ломоносова на строение Земли — **257—258**

Лепидодендроны — ископаемые древесные растения карбона, остатки которых явились важнейшей составной частью пластов каменного угля — **190**

Лёсс (желтозем) — горная порода, состоящая из мельчайших частиц глины, песка, гидроокислов железа, углекислого кальция и др. — **67—68**, 98

Летающие ящеры (птерозавры) — ископаемые животные, относящиеся к отряду пресмыкающихся; жили в течение юрского и мелового периодов — 193, 196, 199

Лигнит — ископаемый бурый уголь, состоящий из ископаемой обугленной в результате гниения древесины — **140**

Лимонит — см. Бурый железняк.

Липарит — светлая излившаяся магматическая горная порода, по своему составу подобна граниту — 94, 298, 299; 296—297 (цв. табл. 2)

Литосфера — см. Земная кора.

Ломоносов, Михаил Васильевич (1711—1765) — гениальный русский ученый-энциклопедист, основоположник геологической науки в России — 150, 160, 240, **255—257**

Лучеперые рыбы — группа костных рыб, к которым относятся и современные рыбы. Известны с девонского периода — 188

М

Магма — расплавленная огненная масса сложного состава, находящаяся глубоко в недрах Земли. При остывании и затвердевании магмы в земной коре и на ее поверхности образуются магматические породы и минералы — **27**, **90**

Магматические породы — см. Изверженные породы.

Магнезит — минерал, карбонат магния, ценное полезное ископаемое — 126, **132**

Магнетит — см. Магнитный железняк.

Магний — металл серебристо-белого цвета; порошок магния сгорает очень ярким пламенем, давая температуру 3000°. Используется для получения очень легких сплавов — **126**

Магнитная разведка полезных ископаемых — геофизический метод поисков и разведки полезных ископаемых, основанный на магнитных свойствах горных пород и минералов — **225**

Магнитный железняк (магнетит) — минерал, соединение железа с кислородом; важнейшая руда железа — **106**, 225, 292, 294; 288—289 (цв. табл. 1)

Малахит (медная зелень) — минерал, карбонат меди, красивого зеленого цвета; ценный поделочный камень и руда меди — **123**, 128, 292, 295; 288—289 (цв. табл. 2)

Мамонт — вымерший представитель группы слоновых; жил в четвертичное время — 158—159, 203; 160—161 (цв. рис.)

Мамонтово дерево (секвойя) — род хвойных деревьев; был широко распространен в меловое и третичное время. Известны два вида секвойи в Калифорнии — 197

Марганец — металл серебристо-белого цвета, тугоплавкий, хрупкий; используется в металлургии для получения высококачественных специальных сталей — 105, 108

Марганцовые руды — минералы, окислы марганца, в которых содержание его достигает 49—63% —100, 108

Марказит — минерал, соединение железа с серой; используется для получения серной кислоты — 286

Мастодонзавр — крупнейшее ископаемое земноводное животное, жившее в триасовом периоде — 193

Мастодонты — ископаемые млекопитающие животные из группы хоботных; жили в третичном и четвертичном периодах — 202, 207

Мауна-Лоа — действующий вулкан на о-ве Гавайи в Тихом океане — **31**, **32**

Мегантроп — ископаемая человекообразная обезьяна, найденная в древнечетвертичных отложениях на о-ве Яве — 207

Медные руды — минералы, содержащие медь в количествах, выгодных для промышленного использования; важнейшие — халькопирит (медный колчедан) и пирит, содержащий примесь халькопирита — 123

Медный колчедан (халькопирит) — минерал, соединение меди и железа с серой; в виде примесей содержит золото, серебро, селен и теллур. Важнейшая руда меди — 123; 120—121 (цв. табл.)

Медь — цветной металл, красновато-желтого цвета, тугоплавкий, мягкий. В природе встречается в самородном виде и в соединениях; применяется в электротехнике, кораблестроении, металлургии, медицине — 120, **123**, 212

Межпластовые воды — подземные воды, находящиеся в водоносных слоях, которые залегают между водоупорными слоями — 61

Мезозойская эра (мезозой) — четвертый крупный этап геологической истории Земли, продолжительностью около 120 млн. лет; делится на три периода: триасовый, юрский и меловой — 163, 170, **193—200**

Мел — осадочная горная порода, состоит из обломков известковых скелетов мельчайших организмов; употребляется в цементном, стекольном, резиновом, бумажном и других производствах — **99**, 127, 215, 299

Меловой период (мел) — последний период мезозойской эры — 163, 193, **197—200**

Мергель — осадочная горная порода, состоящая из кальцита (до 60%), реже — доломита и глинистого материала; применяется для изготовления цемента и в сельском хозяйстве — 97

Мерзлотоведение — наука об условиях образования и распространения вечной мерзлоты, ее свойствах и способах защиты от нее — 61, 263

Месторождения полезных ископаемых — природные скопления в земной коре полезных ископаемых, которые целесообразно разрабатывать с промышленной целью — 19, 27, **121**, 218, **222**

Металлометрия — метод геологопоисковой съемки, проводимой с целью выявления участков с богатым содержанием руд, основанный на том, что вокруг рудных тел в почве отмечается повышенное содержание металла — **228**

Метаморфизм — процесс глубокого изменения горных пород в толще земной коры под влиянием высокой температуры, давления, химического воздействия газов и растворов, выделяющихся из магмы —**101—104**

Метаморфические породы — горные породы, претерпевшие изменения под влиянием процессов метаморфизма (гнейсы, сланцы, кварциты, мрамор и др.)— **101—104**

Минералогия — наука о минералах, изучающая их физические свойства, химический состав, условия образования и распространения в природе, а также возможность использования в народном хозяйстве — 18, **86**, **275**

Минералы — природные химические соединения, входящие в состав земной коры, однородные по своему физическому строению и химическому составу — 86—89, **289—297**

Минеральные источники — естественные выходы на земную поверхность подземных вод, содержащих значительное количество солей или газов; обладают часто лечебными свойствами — 33, 34

Минеральные краски — естественные красящие вещества, представленные различными минералами или породами (разных оттенков охры и глины, коричневая сиена, красный сурик, мел, графит, азурит и др.) — **250**

Мирабилит (глауберова соль) — минерал, водный сульфат натрия; используется в очень многих отраслях промышленности — **99**, 131, 294

Молибден — металл, серебристо-белый, блестящий, хрупкий, тугоплавкий; применяется в производстве специальных сталей и в электропромышленности — 112, 116

Моллюски — тип мягкотелых морских животных, снаружи покрытых раковиной, известны в ископаемом состоянии с кембрийского периода — 129, 159, 163, 181, 183

Монгольская палеонтологическая экспедиция — экспедиция, организованная Академией наук СССР в 1946 г. в Монгольскую Народную Республику — **230—236**, 282

Мон-Пеле — вулкан на о-ве Мартиника в Атлантическом океане. При извержении вулкана в 1902 г. погиб город Сен-Пьер — 33

Морена — обломочный несцементированный, неотсортированный материал, переносимый или отлагаемый ледником — 76, **77**, 90, 98

Морские осадки (или отложения) — осадки, накопление которых происходит в океанах и морях — 70—73, **97**, **98**, **99**, 145

Мощность пласта — расстояние по перпендикуляру между породами, подстилающими и перекрывающими исследуемый пласт — 100

Мрамор — метаморфическая горная порода различного цвета, образовавшаяся в результате метаморфизма (перекристаллизации) известняков — 80, **103—104**, 171, 299; 296—297 (цв. табл. 1)

Мусковит (белая слюда) — минерал, используемый в промышленности как высококачественный электроизоляционный материал — 250, 291, **294**, 298

Мушкетов, Иван Васильевич (1850—1902) — выдающийся русский геолог и географ — 262, 281

Н

Наждак — горная порода, состоящая из тонкозернистой смеси корунда, магнетита, гематита, пирита, слюды, кварца и др.; используется для шлифовки металлов и камней — 132

Наполнители — тонкоизмельченные материалы, которые добавляются в бумагу, резину, пластмассы, химические препараты и пр. для придания им лучших качеств. К ним относятся: мел, различные сорта глин, барит, асбест, тальк и др. — 127

Неандерталец — ископаемый первобытный человек, найденный в Германии — **210—211**

Неметаллические полезные ископаемые — обширная и разнообразная группа полезных ископаемых, к которым относятся глина, песок, апатит, фосфориты, каменная и калийная соли и т. п.; широко используются во всех отраслях народного хозяйства — **127—136**

Неоген — верхнетретичный отдел кайнозойской эры — 163, 202

Неолит (новокаменный век) — эпоха в истории развития человеческой культуры, когда орудия труда изготовлялись из шлифованного камня, появилось земледелие, стало развиваться гончарное дело — 211, **212**

Нептунисты — ученые-геологи конца XVIII и начала XIX в., которые объясняли происхождение всех горных пород путем осаждения их из воды — **241**

Нефелин — минерал, состоящий из натрия, алюминия, кремния и кислорода; важное полезное ископаемое — 92, 296

Нефелиновый сиенит — магматическая горная порода, состоящая из кристаллов полевых шпатов, нефелина, роговой обманки и др. — **92**, 129

Нефть — ископаемое жидкое горючее, маслянистая жидкость от светлого до темно-бурого и зеленовато-бурого цвета, находящаяся в недрах Земли среди осадочных пород — **147—154**, 270, 272—273

Нефтяной фонтан — бурное выделение из буровой скважины нефти и газов, находящихся под большим давлением. При современной технике открытые нефтяные фонтаны не допускаются — **149—150**

Никель — металл, тугоплавкий, твердый, используется для получения различных сплавов (белая медь, нихром и др.) и никелирования — 18, 120, **125**

Нихром — сплав никеля с хромом; обладает высоким электросопротивлением и жаростойкостью — 125

Нотозавры — примитивные ископаемые морские пресмыкающиеся, жившие в триасовом периоде — 163, **194**

О

Обломочно-речной способ поисков полезных ископаемых — метод поисков коренных месторождений полезных ископаемых, основанный на том, что реки и ручьи переносят обломки коренных пород, прослеживая которые вверх по течению, находят месторождения — **223**

Обнажение — естественный или искусственный выход горных пород из-под наносов — 157, **218—220**

Обогащение полезных ископаемых — обработка минерального сырья, имеющая целью отделить пустую породу от полезного минерала; производится на обогатительных фабриках — 124, 141

Обручев, Владимир Афанасьевич (1863—1956) — выдающийся советский геолог и географ — 61, 263, **281—284**

Обсидиан — см. Вулканическое стекло.

Ог, Гюстав Эмиль (1861—1927) — выдающийся французский геолог — 248

Огнеупорная глина — жирная глина без извести и щелочей, обладающая температурой плавления вы-

ше 1580°; при обжиге дает огнеупорный материал— 47, 141

Озокерит (горный воск) — вещество сложного и непостоянного состава, в основном соединение углеводородов, мягкое, воскообразное; широко используется в ряде отраслей промышленности, а также в медицине — 148

Окислы — распространенная группа минералов, по составу — соединение различных элементов с кислородом — 88

Оливин — минерал, состоящий из магния, железа, кремния и кислорода; входит в состав габбро, дунитов и других пород. Прозрачная разновидность с золотистым оттенком — хризолит (драгоценный камень) — 23, 122

Оловянный камень — см. Касситерит.

Органогенные (биогенные) породы — осадочные горные породы, почти нацело состоящие из остатков животных и растений или продуктов их жизнедеятельности. К ним относятся: уголь, нефть, мел, известняк и др. — 87, **99**

Орлов, Александр Петрович (1840—1889) — известный русский сейсмолог — 263

Ортоклаз — полевые шпаты (см.), содержащие в своем составе калий — 128

Осадочные горные породы — горные породы, образовавшиеся из обломков ранее существовавших пород; возникшие в результате жизнедеятельности организмов (нефть, угли, известняк и др.), сформировавшиеся в результате выпадения и кристаллизации солей (гипс, каменная соль, мирабилит) — 23, 87, **97—100**, 169

Относительный геологический возраст — время, указывающее последовательность каких-либо событий в истории Земли — **160**, **161**, 205, 214

П

Павлов, Алексей Петрович (1854—1929) — крупнейший геолог; известен исследованиями геологического строения Среднего и Нижнего Поволжья — 261, **264—267**

Павлова (Иллич-Шишацкая), Мария Васильевна (1854—1938) — выдающийся палеонтолог, специалист по изучению третичных и четвертичных ископаемых млекопитающих — 264, **266**, **267**

Палеоген — нижнетретичный отдел кайнозойской эры— 163, **200**

Палеогеографические карты — карты, на которых изображаются распределение суши и моря, рельеф суши, глубины морского дна и другие физико-географические условия прошлых геологических эпох — 262; карты на стр. 184—185, 200—201, 208—209

Палеозойская эра (палеозой) — третья эра от начала геологической истории Земли, разделяется на периоды: кембрийский, силурийский, девонский, каменноугольный и пермский — 163, 170, 171, **182—184**

Палеолит — см. Каменный век.

Палеонтология — наука об ископаемых формах растений и животных, на основании изучения которых устанавливается возраст тех пород, в которых они находятся — 19, **158**, **181**, 192, 209

Палеотерий — животное из семейства древних лошадей, жившее в третичное время — 243

Паллас, Петр Симон (1741—1811) — естествоиспытатель, член Петербургской академии наук — **257—258**

Палласово железо (палласит)— железо-никелевый метеорит с вкраплениями оливина, привезенный с верховьев р. Енисея акад. П. Палласом — 258

Панцирные рыбы — ископаемые животные, голова и передняя часть туловища которых были покрыты плотным костным панцирем; существовали в первой половине палеозойской эры — **186**

Парагенезис — совместное нахождение минералов в земной коре в связи с одинаковыми условиями их образования — 277

Парафин — белое воскоподобное вещество, получаемое из нефти и некоторых других веществ — 150

Парейазавры — ископаемые крупные животные, относящиеся к примитивным пресмыкающимся; имели панцирь из костных пластинок вдоль всей спины; найдены в верхнепермских отложениях — **192**; 232—233 (рис.)

Пегматитовые жилы — заполнены породой, состоящей преимущественно из полевого шпата, проросшего темными кристаллами кварца; содержат ценные полезные ископаемые и самоцветы — **96**, 280

Пеликозавры — ископаемые животные, относящиеся к примитивным зверообразным пресмыкающимся; жили во второй половине палеозойской эры — **192**

Пемза — вулканическая пористая горная порода, образуется при застывании излившейся лавы, богатой газами; используется как строительный материал, а также для полировки и шлифования — **28**, 94; 296—297 (цв. табл. 2)

Пепел вулканический — выбрасываемые при извержении вулканов мельчайшие частицы лавы; разносится ветром в виде тончайшей пыли; отлагаясь в большом количестве, образует плотную породу — вулканический туф — 28

Первоптица — см. Археоптерикс и Археорнис.

Перидотит — глубинная магматическая горная порода темной окраски, состоящая в основном из оливина, авгита, роговой обманки — 23

Пермские отложения — преимущественно породы континентального происхождения, т. е. образовавшиеся на суше (красноцветные глины, песчаники и мергеля). Среди пермских отложений много полезных ископаемых: медистые песчаники, каменные угли, каменная соль, гипс — 170

Пермский период (пермь) — последний период палеозойской эры, характеризуется расцветом голосемянных растений, развитием примитивных и зверо-подобных пресмыкающихся и вымиранием некоторых морских беспозвоночных — 163, 170, 182, **191**, **192**

Песок — мелкообломочная рыхлая горная порода, которая образуется в результате разрушения различных горных пород; может состоять из зерен («песчинок») кварца, полевого шпата, нефелина, магнетита, граната и других минералов — 100, 298

Песчаник — осадочная горная порода, представляющая собой сцементированный песок — 87, 97, 298

Период — геологический отрезок времени, продолжительность его измеряется миллионами лет — 161, 163, **170**

Петрография — наука, занимающаяся изучением горных пород, их минералогического и химического состава, строения, условий залегания — **261**, 267

Пирит (серный, или железный, колчедан) — минерал, соединение железа с серой, встречается в кри-

сталлическом виде и сплошными массами; цвет — латунно-желтый. Используется для получения серной кислоты и извлечения присутствующих иногда в нем примесей золота, меди, селена и др.— **123**, 126, 130, 291, 293; 288—289 (цв. табл. 1)

Пироксенит — глубинная магматическая горная порода, темной окраски, богатая магнием и железом—**23**

Пиролюзит — минерал, окисел марганца; важнейшая руда марганца — 108, 296; 288—289 (цв. табл. 2)

Питекантроп — человекообразное существо, относимое к начальной стадии эволюции человека; остатки найдены в нижнечетвертичных отложениях о-ва Явы — 210

Плавиковый шпат (флюорит) — минерал, фтористый кальций; используется для приготовления криолита, служащего для получения алюминия, как флюс при плавке руд, в оптической и стекольной промышленности и для производства плавиковой кислоты — 89, 127, 128, 290, **295**, 296; 288—289 (цв. табл. 3)

Плагиоклазы — минералы группы полевых шпатов, содержащие натрий и кальций; важнейшие породообразующие минералы, входящие в состав большинства магматических горных пород. Плагиоклазу лабрадору свойственна очень красивая игра цветов, поэтому он используется как облицовочный камень — 92

Пластинчатожаберные моллюски — морские животные с двухстворчатой раковиной; известны с кембрийского периода, наибольший расцвет их — в мезозойской эре — 163, 183

Платина — благородный металл серовато-белого цвета, обладает высокой температурой плавления и очень высокой (4350°) температурой кипения; очень устойчив к воздействию кислот и щелочей; используется для изготовления химической посуды, в ювелирном деле, в электротехнике как высококачественный катализатор — **122**

Платформы — области земной коры, неспособные к смятию, покрытые спокойно залегающими осадочными породами, под покровом которых залегают более древние смятые в складки породы. На платформах наблюдаются медленные колебательные движения — **179**, 248

Плезиозавры — ископаемые морские хищные пресмыкающиеся, жившие в мезозойскую эру — 163, **194—195**, 200; 192—193 (табл. 2)

Пленочные воды — подземные воды, покрывающие тонкой пленкой поверхность пор, трещины в горных породах — 60

Плеченогие моллюски — см. Брахиоподы.

Плутонисты — сторонники теории происхождения всех горных пород (как магматических, так и осадочных) из застывших минеральных расплавов — **241**

Пневматолитические жилы — образованы минералами, которые возникли из паров и газов, выделившихся из магмы — **96**

Подземная газификация угля — процесс неполного сжигания угля непосредственно под землей в целях превращения его в горючие газы — 147

Подземные воды — воды, находящиеся ниже поверхности земли; используются для водоснабжения — **57—62**, 266

Поисковые признаки — признаки, свидетельствующие о возможном месторождении полезного ископаемого — 222

Покровы — застывшая лава, излившаяся из трещин земной коры и покрывшая значительную территорию. Покровы обычно состоят из базальтовых лав — **95**

Полевые шпаты — группа важнейших породообразующих минералов, состоящих из алюминия, кремния, кислорода, калия, натрия и кальция — 47, 88, 291, **296**, 298; 288—289 (цв. табл. 5)

Полезные ископаемые — природные скопления в земной коре минералов или горных пород, которые представляют интерес для народного хозяйства и используются промышленностью — 27, **105—154**, 205, **222**, 249

Полиметаллические руды — руды, содержащие несколько полезных металлов — свинец, цинк, медь, серебро, золото и др. — 124

Поллуцит — редкий минерал, содержащий самый легкоплавкий металл цезий; последний применяется для изготовления чувствительных фотоэлементов — 117

Помпея — город в окрестностях Неаполя; при извержении вулкана Везувия в 79 г. был засыпан пеплом —33

Породообразующие минералы — минералы, широко распространенные в земной коре, слагающие горные породы. К ним относятся: полевые шпаты, кварц, слюды, карбонаты, оливин, гранаты, гипс и др.— 87, 88

Порфир — излившаяся магматическая горная порода светло-красных тонов, состоящая из плотной мелкокристаллической основной массы, в которой расположены кристаллы кварца и полевых шпатов; по составу близок к граниту — 94

Порфирит — излившаяся магматическая горная порода темно-серой окраски, состоящая из плотной мелкокристаллической основной массы, в которой расположены отдельные кристаллы натриево-кальциевых полевых шпатов (плагиоклазов), роговой обманки, слюды и др.; кварц отсутствует; по составу близок к диориту — 297, 299; 296—297 (цв. табл. 1)

Приматы — отряд высших млекопитающих, к которому относятся полуобезьяны, обезьяны и человек — 163, 201

Пролювий — рыхлые обломочные отложения, накапливающиеся у подножий гор; образуются в результате смывания атмосферными осадками со склонов разрушенных частиц горных пород — 64

Протерозойская эра (протерозой) — второй крупный этап в геологической истории Земли (после архея), характеризующийся развитием большого количества форм беспозвоночных животных, бактерий и водорослей — 163, 170, 171, **181—182**, 213

Псилофиты — ископаемые древние растения; известны с кембрийского периода — 163, **186**, 189

Птеранодон — крупное ископаемое пресмыкающееся из группы летающих ящеров, жившее в меловой период — 196; 192—193 (табл. 4)

Птерозавр (летающий ящер) — ископаемое пресмыкающееся, жившее в юрский и меловой периоды — 196

Р

Радий — радиоактивный элемент, белый блестящий металл; обладает способностью излучать тепловую и лучистую энергию; при этом он распадается на последовательный ряд других радиоактивных веществ и переходит в конце концов в свинец — 112, 164

Радиоактивность — способность радиоактивных элементов, самопроизвольно распадаясь, выделять энергию в виде особых лучей независимо от внешних условий — 27, **115**, 118, **164**, **276**

Радиоактивные руды — руды, содержащие радиоактивные металлы (уран, торий, радий и др.) — 118—119

Радиоактивный распад — превращение атомов одних элементов в атомы других, сопровождающееся излучением заряженных частиц — 27, **164—165**, 276

Радиолярии — простейшие микроскопические морские организмы из класса корненожек, с кремнёвым скелетом; живут преимущественно в теплых морях, известны с протерозоя до настоящего времени; образуют глубоководные морские отложения радиоляриевого ила — 72, 99, **181**

Разведочное бурение — сооружение буровых скважин с целью установить мощность месторождения полезного ископаемого и определить качество полезного ископаемого — 153—154

Рассеянные металлы — металлы, характеризующиеся очень незначительным содержанием и рассеянным состоянием в земной коре; к ним относятся: рений, гафний, германий, таллий, теллур, селен, индий, галлий, кадмий — **112—117**

Регрессия моря — отступание моря, происходящее в результате поднятия участка земной коры под воздействием тектонических движений — 256

Редкие металлы — металлы, которые редко образуют в земной коре крупные скопления. К ним относятся: вольфрам, молибден, висмут, сурьма, ртуть, ванадий и др. Термин «редкие металлы» следует считать уже устаревшим, так как они добываются в настоящее время в большом количестве — **112—119**

Редкоземельные металлы — одна из групп редких металлов: скандий, иттрий, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадоминий, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций — **112**, **114—115**

Рельеф — формы земной поверхности, образовавшиеся в результате проявления внутренних и внешних геологических процессов — 17, 256

Речные террасы — уступы на склонах речных долин, образуются в результате размывающей деятельности рек. Нижняя терраса, заливаемая водой, называется поймой — **51**, 53, 54

Роговая обманка — распространенный породообразующий минерал сложного состава; образует удлиненные кристаллы темно-зеленого и черного цвета — 88, **296**; 288—289 (цв. табл. 5)

Родий — благородный металл, очень редкий и ценный, серебристо-белого цвета; обладает исключительной химической стойкостью, не растворяется даже в самых сильных кипящих кислотах; в природе встречается вместе с платиной — 122

Россыпи — природные скопления обломков горных пород, образовавшиеся в результате разрушения коренных пород и месторождений — **121**, **217**

Руда — горная порода или минерал, содержащие полезный металл в количестве, достаточном для промышленного извлечения — 27, 106, 108, 126

Рудник — горнопромышленное предприятие с целой системой горных выработок для добычи полезных ископаемых — 254, 255

Руководящие окаменелости — остатки вымерших животных и растений, которые позволяют установить относительный возраст слоев и сопоставить время образования осадков в разных районах — **158**, **159—164**, 260

Рутений — редкий металл, серой окраски, тугоплавкий; в природе встречается вместе с платиной; используется при изготовлении волосков в специальных лампах накаливания — 122

Рутил — минерал, окись очень ценного тугоплавкого металла титана; важнейшая руда титана—116, **117**

С

Саблезубая кошка — животное, существовавшее в начале четвертичного периода — 207

Саговники — растения из класса голосемянных; похожи на пальмы или древовидные папоротники; были широко распространены в каменноугольном и юрском периодах, ныне сохранились только в тропических лесах —197

Самородные минералы — группа минералов, состав которых примерно соответствует отдельным химическим элементам (золото, графит, алмаз, электрум, т. е. соединение серебра с золотом, и др.) и некоторым их соединениям — 88

Самоцветы (драгоценные цветные камни) — минералы, обладающие прозрачностью, красивой окраской, твердостью и высоким светопреломлением: алмаз, изумруд, сапфир, рубин и др. — 128, 251, 280

Сапропель (гнилостный ил) — осадок, образующийся на дне озер и некоторых болот в результате перегнивания отмерших остатков планктона и водорослей; ценное химическое сырье, дает при перегонке те же продукты, что и нефть — 137, **273**

Сапфир — минерал, разновидность корунда голубого или синего цвета; драгоценный камень — 85, 132; 128—129 (цв. табл.)

Сброс — перемещение одного участка земной коры относительно другого в вертикальном или наклонном направлении — **39**, 173, 179

Светильный газ — смесь горючих газов (преимущественно метан), получаемая при сухой перегонке каменных углей; используется как топливо и в химической промышленности — 140

Свинец — металл, мягкий, серовато-белый, тяжелый, имеет низкую температуру плавления; поглощает рентгеновские лучи и радиоактивные излучения — **123**

Свинцовый блеск — см. Галенит.

Севергин, Василий Михайлович (1765—1826) — выдающийся химик и минералог, автор первых учебников по минералогии; разработал современную минералогическую терминологию — 257, **259**

Северодвинская фауна — ископаемые пресмыкающиеся, обнаруженные в пермских отложениях на Сев. Двине палеонтологом В. П. Амалицким — **192**

Сейсмическая разведка полезных ископаемых — один из геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых, основанный на изучении скорости распространения волн, полученных с помощью искусственных взрывов (в породах различной плотности сейсмические волны проходят с разной скоростью) — **227—228**

Сейсмические волны — упругие волны, возникающие в Земле в результате землетрясений, взрывов, ударов — **22**, 40, **42**, 43, 227

Сейсмические станции — научные учреждения, ведущие наблюдения над характером распространения сейсмических колебаний с помощью сейсмографов и другими методами — **22**, 227, 264

Сейсмограмма — запись колебаний земной коры, полученная при помощи сейсмографа — 43, 227
Сейсмограф — прибор для автоматической записи колебаний земной коры — 22, **40**, **42**, 227, 264
Сейсмология — один из разделов геофизики, изучающий причины и условия возникновения землетрясений, их распространение на Земле — 40, 264
Сера самородная — минерал желтого цвета с жирным блеском, очень мягкий и хрупкий, легко загорается; используется для получения серной кислоты и различных соединений — **130**, 281, 294, 295; 288—289 (цв. табл. 2)
Серебро — благородный металл, употребляется для изготовления химических реактивов, посуды, украшений, а его соединения с бромом или хлором применяются в фотокинопромышленности; в природе встречается вместе с галенитом — **123**, 254; 80—81 (цв. табл.)
Сернистые соединения (сульфиды) — группа очень важных в промышленном отношении минералов; природные соединения сероводородной кислоты с металлами (галенит, пирит, халькопирит, сфалерит, киноварь и др.) — 88
Сигиллярии — ископаемые гигантские плауновые древовидные растения; наибольший расцвет их был в карбоне — **190**
Сиенит — кристаллическая изверженная горная порода, состоящая из калиевого полевого шпата и темноцветного минерала; в отличие от гранита не содержит кварца — **91—92**, 298; 296—297 (цв. табл. 1)
Силикаты — важнейшая группа минералов, в составе которых обязательно присутствует кремнезем (окись кремния). К ней принадлежит более трети всех минералов, в том числе важнейшие породообразующие, многие ценные руды, строительные материалы и т. д. — 88, 275
Силурийский период (силур) — второй период палеозойской эры; характеризуется значительным развитием беспозвоночных, многочисленных водорослей и развитием наземных растений—163, 170, 182, **184—187**
Сильвин — минерал, состоящий из калия и хлора, похожий на каменную соль; важнейший источник получения калия — 131, **294**, 295; 288—289 (цв. табл. 2)
Синантроп — одна из древних форм ископаемого человека. Синантроп изготовлял уже примитивные орудия и пользовался огнем — **210**
Синклиналь — складка пластов земной коры, обращенная выпуклостью вниз; во внутренней части складки пласты более молодые, чем на крыльях — 172, 214, 220—221
Системы — мощные толщи пластов, образовавшиеся в течение крупных геологических отрезков времени— периодов—**161**
Складки горных пород — волнообразные изгибы пластов горных пород различной формы и величины—**172**, **173**
Сланцы — большая группа метаморфических пород, обладающих слоистым строением и способностью раскалываться на тонкие пластинки. В зависимости от состава различают глинистые, хлоритовые, тальковые, слюдяные, графитовые и другие сланцы — 102, 103, 169, 299
Слюды—важная группа породообразующих минералов, обладающих способностью расщепляться на тонкие листочки — 84, 88, 294, 295, 298
Смит, Вильям (1769—1839) — английский инженер-путеец, положивший начало палеонтологическому методу определения возраста горных пород—159, **242**
Соколов, Дмитрий Иванович (1788—1852) — русский геолог; написал первые русские учебники по геологии и минералогии — 259
Сподумен — минерал, содержащий легкоплавкий редкий металл литий, одна из его руд — 117
Сталагмиты — известковые натеки, нарастающие на дне пещер из капающих сверху растворов — **57**
Сталактиты — известковые натеки, нарастающие на потолках пещер, подобно сосулькам, выделяясь из капель испаряющихся растворов — **57**, 286
Стегозавры — огромные ископаемые пресмыкающиеся, жившие в мезозое — 163, **197**; 192—193 (табл. **3**)
Стегоцефалы — ископаемые земноводные; жили начиная от девонского до юрского периода — 163, **189—190**, 192, 193; 192—193 (табл. 1)
Стено, Николай (1638—1687) — датский естествоиспытатель; открыл важнейший закон постоянства углов между гранями кристаллов; высказал идею о происхождении гор под влиянием внутренних сил — **239**, 241
Стратиграфия — раздел геологии, занимающийся изучением последовательности залегания слоев и толщ горных пород и установлением их абсолютного и относительного возраста — 260
Стромболи —действующий вулкан в группе Липарских о-вов в Средиземном море — **33**
Сульфаты — группа минералов, являющихся природными солями серной кислоты: барит, мирабилит, гипс и др. — 88
Сульфиды — см. Сернистые соединения.
Сфалерит (цинковая обманка) — минерал, сульфид цинка, с примесью рассеянных металлов: индия, германия, галлия. Важнейшая руда цинка и рассеянных металлов: индия, кадмия и др. — **114**, 124, 126, 295; 288—289 (цв. табл. 4)

Т

Тальк — минерал, содержащий магний, кремний и кислород; жирный на ощупь, очень мягкий; используется как огнеупорный материал, а также в бумажном, резиновом, парфюмерном, фармацевтическом и других производствах — 104, 127, **132**, 294; 288—289 (цв. табл. 2)
Твердость минералов — одно из важнейших физических свойств минералов; определяется по шкале Мооса, включающей десять минералов с условно установленной твердостью от 1 (у талька) до 10 (у алмаза) — **290**, **297**
Текодонты — группа ископаемых пресмыкающихся — предки динозавров, крокодилов и птерозавров; жили в триасе — 193, 196; 192—193 (табл. 2)
Тектоника — раздел геологии, изучающий движение земной коры, формы залегания горных пород и историю их развития — 172, 173, 180
Теория Зюсса о происхождении гор — гипотеза об образовании горных хребтов в результате остывания внутренних частей Земли и сжатия («сморщивания») земной коры — **247 — 248**
Теория катастроф — гипотеза, согласно которой геологическая история Земли состоит из этапов спокойного развития и этапов бурных катастроф, изменявших лик Земли (извержения вулканов, землетрясения и т. п.) — **244**

Теория Лайеля — учение, объясняющее все изменения, происходившие на земной поверхности, теми же геологическими силами, которые действуют и в настоящее время — **245—246**

Тираннозавр — крупное ископаемое животное из группы хищных динозавров, найденное в отложениях мелового периода — **199**; 192—193 (табл. 4)

Титаномагнетит — магнетит с включениями ильменита; содержит железо, кислород, титан, а также примесь ванадия; руда для получения титана, железа и ванадия —**108**, 116, **117**

Титанотерий — крупное ископаемое животное из отряда непарнокопытных млекопитающих, жившее в третичный период — 201, 234; 192—193 (табл. 6)

Топаз — минерал из группы силикатов, содержит алюминий и фтор; используется в радиотехнике и как абразивный материал; прозрачная разновидность топаза—полудрагоценный камень — 251, 290; 80—81 (цв. табл.)

Торбернит (медная урановая слюдка) — слюдоподобный минерал; образуется за счет изменения урановых руд на земной поверхности; второстепенная урановая руда — 118

Торф — органическая горная порода, состоящая из скопления остатков растений, не подвергшихся полному разложению, гниению; ценное местное топливо для электростанций; используется в химической и строительной промышленности и в сельском хозяйстве — 129, **136 — 139**, 145, 294

Трансгрессия моря—наступание моря на сушу в результате опускания участка земной коры — 256

Траппы — магматические породы, близкие к базальтам, диабазам и порфиритам; встречаются в виде покровов на равнинах, как напр. сибирские траппы — **157**

Трахит — излившаяся горная порода, состоящая из калиевых полевых шпатов и темноцветных минералов — 94, 298, **299**

Трепел (диатомит) — осадочная горная порода, очень легкая; состоит из аморфного кремнезема, панцирей диатомовых водорослей и остатков радиолярий; используется для производства легкого кирпича и в других производствах — **99**, **100**, **299**

Третичный период — первый период кайнозойской эры, делится на два отдела: палеоген и неоген; характеризуется расцветом млекопитающих, птиц и покрытосемянных растений — 163, 177; **200—202**

Трещины земной коры —разрывы в горных породах; образуются в результате тектонических движений и под влиянием процессов физического выветривания — 38, 92

Триасовый период (триас) — первый период мезозойской эры — 163, **193**

Трилобиты — ископаемые морские членистоногие животные, жившие в течение палеозойской эры — 163, **183—184**

Трог — см. Долина ледниковая.

Тугоплавкие редкие металлы — одна из групп редких металлов, куда относятся: бериллий, ванадий, титан, цирконий, молибден, тантал, ниобий и вольфрам — **112**, 113, 114

Турбобур — машина для скоростного бурения нефтяных скважин; изобретен в СССР в 1922 г.— 153

Туф — название двух пород различного происхождения: 1) горная порода, образовавшаяся из рыхлых выбросов вулкана, главным образом пепла; 2) пористая порода, образовавшаяся в результате осаждения кальцита из горячих или холодных источников — **28**, 156

У

Угленосные бассейны — крупные месторождения каменного угля — **141—144**

«Углеродный метод» — метод определения абсолютного геологического возраста горных пород или археологических находок по количеству радиоактивного углерода в органических остатках — **165—168**

Упругие волны — колебательные движения частиц твердого упругого тела — **41**, 42, 43

Уран — радиоактивный металл, серебристо-серого цвета; удельный вес 19, температура плавления 1133° — 18, **115**, **118**, 164

Уранинит— минерал, окисел урана смоляно-черного цвета со смолистым блеском; одна из главных руд урана — **118**

Ф

Федоров, Евграф Степанович (1853—1919) — великий русский кристаллограф — 81, 260

Фенакит — сравнительно редкий минерал, содержащий ценный металл бериллий, который легко из него извлекается, поэтому фенакит представляет интерес для промышленности; используется как драгоценный камень — 115

Ферсман, Александр Евгеньевич (1883—1945) — крупнейший советский минералог-геохимик, академик. Им написаны сотни ценных трудов по минералогии и геохимии и популярные книги — 263, **279—281**

Физические свойства минералов — важнейшие свойства, характерные для каждого минерала; главные из них: форма кристаллов, цвет, блеск, цвет порошка (черта), излом, твердость, удельный вес, магнитность, вкус и др. — **289—292**

Физическое выветривание — разрушение горной породы под влиянием колебаний температуры, замерзающей в трещинах воды и т. п. без изменения химического состава слагающих горную породу минералов — **47**

Фирновый лед — непрозрачный, зернистый, белого цвета, образовавшийся при уплотнении снега — **73**

Флюорит — см. Плавиковый шпат.

Фораминиферы — отряд корненожек — простейших микроскопических морских и пресноводных организмов — **99**, 163, 170, **191**

Формация — комплекс горных пород (в том числе и полезных ископаемых), связанных между собой одинаковыми условиями образования—**240**, 241, 260

Фосфаты — группа минералов, представляющих собой природные соли фосфорной кислоты: апатит, бирюза, монацит, фосфориты и др. — 88

Фосфориты — осадочные горные породы, содержащие фосфор, окись кальция, кремнезем, фтор, хлор и др.; образовались из остатков морских животных; ценное сырье для изготовления минеральных удобрений — 127, 128, **129—130**, 215, 291, 296

Х

Халцедон — минерал, скрыто-кристаллическая разновидность кварца; полудрагоценный камень — 134, 296; 288—289 (цв. табл.)
Халькопирит — см. Медный колчедан.
Химические (хемогенные) осадочные породы — выпавшие из растворов в результате химических или биологических реакций, изменения температуры воды или же ее испарения (каменная соль, мирабилит, гипс, известняк и др.) — 99
Химическое выветривание — разрушение горных пород под влиянием воды и воздуха, приводящее к изменению химического состава минералов, слагающих горные породы — **47**
Хлориты — группа слюдоподобных минералов буро-зеленого цвета, входящих в состав многих горных пород, особенно метаморфических — 102
Хромит (хромистый железняк) — минерал, состоящий из железа, хрома и кислорода; единственная руда для получения хрома — **108**

Ц

Цвет черты — характерный признак минерала; образуется при проведении минералом по неглазурованной фарфоровой пластинке — **290**, **292**
Цветные металлы — группа металлов, к которой относятся медь, свинец, цинк, алюминий, магний и др.— 120, **123—126**
Церуссит (белая свинцовая руда) — минерал, карбонат свинца; ценная свинцовая руда — 124; 120—121 (цв. табл.)
Цинк — металл, синевато-белый; используется для покрытия железа с целью предохранения от ржавления, получения ценных сплавов — латуни (сплав цинка с медью), бронзы (сплав цинка с оловом и медью) и мельхиора (сплав цинка с медью и никелем) — **124**
Цинковая обманка — см. Сфалерит.
Циркон — минерал, состоит из редкого тугоплавкого металла циркония, кремния и кислорода; главная руда циркония и редкого рассеянного металла гафния, который присутствует в цирконе в качестве примеси — 116

Ч

Черные металлы — группа металлов, к которой относятся железо, марганец, хром и другие металлы— **105—112**
Черский, Иван Дементьевич (1845—1892) — русский геолог, палеонтолог и географ, исследователь Восточной Сибири — **262**
Четвертичный период — самый последний период в истории развития Земли, продолжительность которого примерно 1 млн. лет — 163, 202, 203, **205—212**

Ш

Шахта — горное предприятие, ведущее разработку полезного ископаемого; глубокая вертикальная горная выработка — 19, 145
Шеелит — минерал, состоящий из кальция, вольфрама и кислорода; одна из важнейших руд вольфрама— 116, 217
Шлиф — тонкая (0,03 *мм*) изготовленная на шлифовальном станке пластинка минерала или горной породы, заклеенная специальной смолой между стеклышками, для исследования под микроскопом — **19**
Шлифующие материалы (абразивы) — минералы и горные породы (алмаз, корунд, гранат, наждак, кварцевый песок, пемза, диатомит), которые в мелкозернистом и порошкообразном виде используются для обработки поверхностей различных веществ — 128
Шлих — остаток тяжелых минералов (золота, платины, шеелита, алмаза, магнетита, граната и многих других), получаемый в результате промывки русловых и рыхлых поверхностных отложений или же дробленых кристаллических пород — **216—218**
Шлиховая съемка — вид геологической съемки, основанный на систематическом взятии шлиховых проб по руслу реки или склонам долины с целью обнаружения коренных выходов полезных ископаемых — **217—218**
Шокшинский кварцит — метаморфическая горная порода коричнево-красного цвета; отличный облицовочный материал — **103**; 296—297 (цв. табл. 1)
Штольня — горизонтальная или слабо наклонная подземная выработка для разведки или добычи полезных ископаемых, имеющая непосредственный выход на земную поверхность — 19
Штуф — кусок породы, руды, минерала (размером примерно 10×6×5 *см*), предназначенный для различных исследований, для музеев и т. д. — 288
Шурф — вертикальная горная выработка, глубиной 5—10 *м*, редко глубже, проходимая обычно в рыхлых породах с целью геологического картирования, поисков и разведки полезных ископаемых — 19, 229

Щ

Щебень — рыхлые скопления неокатанных остроугольных обломков горных пород размером от 1 до 10 *см* — **98**, 297, 298
Щуровский, Григорий Ефимович (1803—1884) — русский геолог, профессор геологии и минералогии Московского университета — 260, 265

Э

Эвглена зеленая — простейшее одноклеточное животное, относится к жгутиковым организмам — 182

Эласмозавр — ископаемое животное из семейства длинношеих плезиозавров (морских пресмыкающихся); найден в меловых отложениях — **195**

Эласмотерий — ископаемое животное из группы носорогов; найден в четвертичных отложениях — 203, 207, 208; 192—193 (табл. 8)

Электроразведка полезных ископаемых — один из геофизических методов разведки, основанный на том, что разные породы обладают различной электропроводностью — **226**

Эмпедокл (ок. 490—430 гг. до н. э.) — греческий философ; утверждал, что внутри Земли породы находятся в расплавленном состоянии; погиб во время смелого путешествия в недра кратера вулкана Этны — 20

Эпицентр — участок на поверхности Земли, расположенный над глубинным очагом землетрясения (гипоцентром); в нем сила подземных толчков достигает наибольшей величины — 39, 40

Эпоха геологическая — см. Геологическая эпоха

Эра в геологии — один из пяти самых крупных этапов в истории формирования земной коры, растительного и животного мира — **160**, 163, 170

Эрозия — разрушительная работа, которую производят текучие воды и ледники — **52**

Эстуарии — воронкообразно расширенные устья рек в местах впадения их в море — **51**, 52

Эффузивные породы — см. Вулканические породы.

Ю

Юрский период (юра) — второй период мезозойской эры. В юре появились первые птицы и первые млекопитающие — **163**, 193, **194—197**

Я

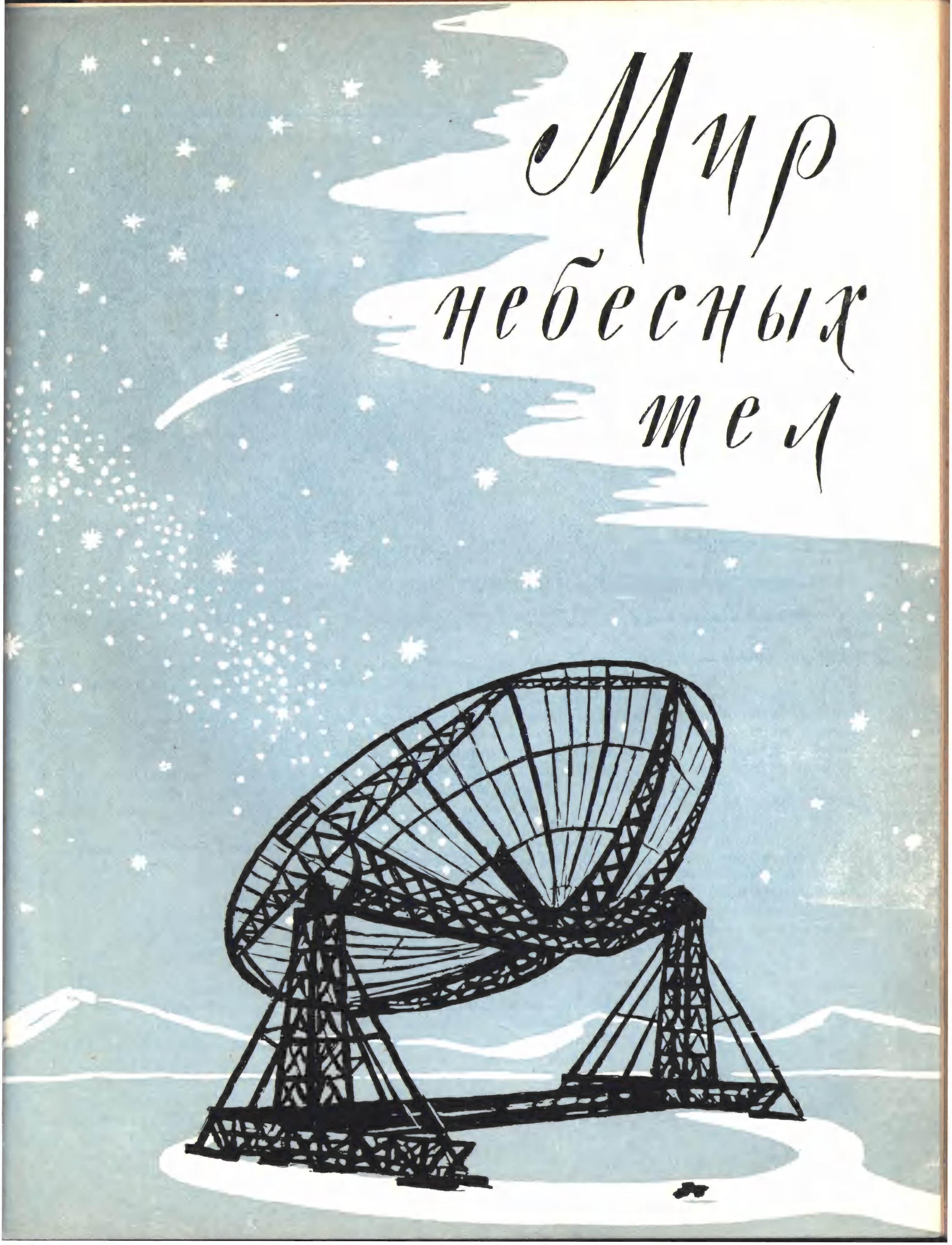
Ядро Земли — часть земного шара, находящаяся на глубине более 2900 *км* и имеющая радиус около 3471 *км*; имеет плотность от 6,8 до 12; состоит из тех же веществ, что и земная кора, но находящихся под очень большим давлением, в особом, «металлизированном» состоянии — 21, **22**, **23**

Янтарь — ископаемая смола особого вида сосны третичного периода; используется для изготовления специальных изоляторов, высококачественных лаков в химическом производстве, украшений и т. д. — 257, 294

Яшма — осадочная кремнистая горная порода, разноокрашенный халцедон с большим количеством тонкорассеянных красящих примесей; красивый поделочный камень — **297**, 299; 288—289 (цв. табл. 8)

Ящеры — пресмыкающиеся; появились в карбоне и особенного развития достигли в мезозое — 163, **191—199**, 231, 232—233

Мир небесных тел



Введение в астрономию

АСТРОНОМИЯ — НАУКА О ВСЕЛЕННОЙ

Из всех картин природы, развертывающихся перед нашими глазами, самая величественная — картина звездного неба.

Мы можем облететь или объехать весь земной шар, наш мир, в котором мы живем. Звездное же небо — это необозримое, бесконечное пространство, заполненное другими мирами. Каждая звездочка, даже еле заметно мерцающая в темном небе, представляет собой огромное светило, часто более горячее и яркое, чем Солнце. Только все звезды находятся очень далеко от нас и потому светятся слабо.

Что это за миры, как они движутся? Как далеки они от нас? Как произошли небесные светила? Как устроены звезды? Что было с ними в прошлом и что произойдет с ними в будущем?

Все эти вопросы изучает астрономия — наука о Вселенной.

Ученые смогли определить расстояния до звезд, узнать вес Солнца и его химический состав, предсказать будущие затмения Луны и Солнца, время появления хвостатых светил — комет. Но прошли многие века, прежде чем это удалось сделать.

Когда же и как зародилась наука о Вселенной?

Уже в глубокой древности люди следили за появлением Солнца над горизонтом, за движением его по небу, чтобы знать, скоро ли оно опять опустится к горизонту и наступит ночь. По положению Солнца и звезд человек научился определять время суток.

Давно человек подметил на небе группы звезд, ориентируясь по которым можно найти верное направление пути на суше и на море. Эти знания оказались нужными, когда люди уходили, например, далеко от своих жилищ во время охоты и вообще при всяком другом передвижении по Земле. Для пастушеских кочевых народов большое значение имело предугадывание наступления полнолуния (когда Луна видна полным диском): в такие очень светлые ночи можно было успешно перегонять скот на новые пастбища, избегая дневной жары.

Древнейшие народы считали Землю плоской, а небо полушарием, опрокинутым над Землей. Самоё Землю они считали неподвижной и думали, что все небесные светила каждые сутки обходят вокруг Земли. Не умея объяснить различные явления природы, люди стали обожест-

влять силы природы. Весь мир казался им полным чудес, творимых богами.

Задумываясь над вопросом, откуда взялся окружающий мир, люди стали считать, что мир создан сверхъестественными существами — богами. Появились служители богов — жрецы, которые в своих корыстных интересах поддерживали в невежественных массах веру в богов. Жрецы утверждали, что мир создан богами и ими управляется.

Но в то же время, наблюдая небесные явления, человечество постепенно накапливало все больше знаний о мире небесных светил.

Люди заметили на небе несколько особенно ярких светил, которые передвигаются среди созвездий то вперед, то назад, то неподвижно стоят на месте. Древние греки назвали эти блуждающие светила планетами в отличие от обычных звезд. Не понимая сложной картины явлений на небе, не зная истинных причин движения планет, люди пришли к ошибочным заключениям. Каждому из этих светил, в зависимости от его вида, цвета и особенностей движения, приписывались различные свойства. Планеты принимались за вестников богов, будто бы влияющих на земные события и на судьбы людей. А господствующие классы общества вместе с жрецами пользовались суевериями в своих интересах, чтобы держать в страхе и покорности трудовой народ. Жрецы и прорицатели предсказывали разные события по расположению планет на небе. Шли века. Все точнее делались наблюдения над небесными явлениями, в том числе и над движением планет.

Ученые, наблюдавшие звездное небо, подмечали закономерности в изменении расположения небесных светил. Они старались понять и объяснить причины видимого движения звезд, Луны, Солнца, планет. Становилось ясно, что объяснить эти явления невозможно, если считать Землю неподвижной. За такие мысли, противоречившие тому, что проповедовала церковь, ученых жестоко преследовали. Особенно в этом усердствовали церковники, отстаивавшие все старое и боровшиеся с открытиями науки.

Как тяжким сном, было сковано сознание человека, пока он не узнал истинного места Земли во Вселенной и не опроверг ошибочного представления о мире, центром которого якобы является Земля.

Четыре века назад гениальный польский астроном Николай Коперник доказал, что земной шар — лишь одна из планет, обращающихся вокруг Солнца. Землю освещает Солнце, а она отражает солнечный свет в пространство. Все другие планеты также не имеют собственного света и тоже отражают лучи Солнца.

Луна — ближайшее к нам небесное тело; она обращается вокруг Земли и является ее спутником, сопровождающим Землю в ее движении вокруг Солнца. Такие же спутники позже были открыты и у многих других планет.

Все планеты и Солнце представляют собой единую солнечную систему, в центре которой находится раскаленное, самосветящееся Солнце.

Бесчисленные звезды не укреплены на поверхности небесного купола, как думали древние ученые. Звезды находятся на различных расстояниях от Земли, далеко за пределами солнечной системы.

Каждая звезда — это другое солнце, как доказали астрономы.

Русский ученый В. Я. Струве, основатель Пулковской обсерватории, около 120 лет назад впервые измерил расстояние до одной из ближайших звезд. Оно оказалось громадным. Об этом расстоянии можно составить представление, если взять самую большую в природе скорость — скорость света.

Луч света проходит за секунду 300 000 *км*. От Солнца он к нам доходит за $8^1/_2$ минут, а от ближайшей звезды — более чем за четыре года. Во Вселенной есть звезды, свет от которых идет к Земле миллионы и даже сотни миллионов лет!

На некоторых планетах может быть жизнь. На планете Марс усматриваются признаки растительности. За этой планетой ученые ведут наблюдения очень давно.

Изучая небо, каждый может убедиться, что оно полно движения и постоянно изменяется. Вот вспыхнула новая звезда и на несколько дней затмила своим светом другие звезды. Какая мировая катастрофа породила вспышку ее блеска?

Вот появилось в пределах солнечной системы новое небесное тело — комета с большим, как бы огненным хвостом, охватившим полнеба. Пролетая быстро сквозь строй планет, комета плавно огибает Солнце и удаляется в неизвестность. А иная комета, кружась вокруг Солнца, подобно планетам, рассыпается на рой мельчайших невидимых камешков.

Камешки эти несутся с огромной скоростью и, влетая в атмосферу Земли, раскаляются и светятся. Тогда в темном небе сверкают «пада-

ющие звезды» — метеоры. По большей части они превращаются в пар, но некоторые, покрупнее, долетают до Земли.

Камень с неба! Это вестник далеких миров. Его можно увидеть в музейной витрине. Астрономы и любители астрономии заботливо собирают осколки упавших с неба камней. Маленький кусочек, упавший с неба, состоит из тех же веществ, что и наш земной шар.

А это значит, что и вообще небесные тела по своему химическому составу не отличаются от Земли. Но, конечно, те же вещества на этих небесных телах могут находиться совсем в другом состоянии, чем на Земле.

Иногда на небе в зимнюю ночь, как лучи цветных прожекторов, ходят, перекрещиваясь, лучи полярных сияний. В это же время сильно колеблется магнитная стрелка, а радиоприемник начинает громко трещать. Какова причина этих явлений?

Ученые очень много сделали для выяснения всех этих и других грандиозных и сложных явлений.

Постепенно человек все глубже познавал Вселенную.

Больше двух веков назад царь Петр I открыл в Москве в Сухаревой башне школу, где обучали астрономии. Позже в Петербурге открылась обсерватория при Академии наук.

Благодаря трудам М. В. Ломоносова и других выдающихся ученых, его современников и продолжателей, астрономия в нашей стране давно уже достигла высокого уровня развития.

Составление точных карт страны требовало точного определения положения городов на Земле, а оно возможно лишь по звездам. Для изучения точного расположения звезд на небе и других исследований в 1839 г. под Петербургом была построена крупнейшая обсерватория на Пулковских холмах. Пулково ученые прозвали астрономической столицей мира. Сюда приезжали учиться точным наблюдениям астрономы из Западной Европы и Америки.

Кроме Пулковской, у нас теперь имеется много других обсерваторий, на которых ведется изучение неба, необходимое людям в их практической деятельности и помогающее им в борьбе с религиозными суевериями и в выработке правильного миропонимания.

Советские астрономы занимают ведущее место в мировой науке. 4 октября 1957 г. в СССР был произведен впервые в мире успешный запуск искусственного спутника Земли. За первым спутником последовали второй, третий, последуют и другие, пролагая путь к межпланетным путешествиям, к осуществлению давнишней мечты человечества — проникнуть в глубины Вселенной.

Советские астрономы разрабатывают науку о Вселенной в сотрудничестве с передовыми учеными других стран. В капиталистических странах правящие круги стремятся использовать достижения науки, и в частности астрономии, в своих интересах. Некоторые буржуазные ученые, находясь в плену религиозных представлений, делают ошибочные выводы из своих исследований, неправильно толкуют научные открытия.

В августе 1958 г. в Москве состоялся Международный съезд астрономов, в котором приняли участие ученые почти 40 государств. На съезде советские астрономы и астрономы других стран рассказали о своих достижениях, обсудили наиболее сложные и волнующие вопросы дальнейшего проникновения в глубины мироздания.

Астрономия не только раскрывает тайны глубин Вселенной, но и помогает людям в их практической деятельности: в составлении точных карт поверхности Земли, правильном определении направления пути кораблей и самолетов, Службе точного времени и во многом другом.

ПРОСТЕЙШИЕ НЕБЕСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Когда-то давно один философ сказал, что если бы звездное небо было видно только в каком-нибудь одном месте Земли, то к этому месту непрерывно двигались бы толпы людей, чтобы полюбоваться великолепным зрелищем.

Для нас, живущих в XX в., зрелище звездного неба особенно величественно потому, что мы знаем природу звезд; ведь каждая из них — это Солнце, т. е. гигантский раскаленный газовый шар.

Люди не сразу узнали истинную природу небесных тел. Раньше они полагали, что Земля — это центр всего мира, всей Вселенной и что звезды и другие небесные тела — это небесные светильники, предназначенные для украшения неба и освещения Земли. Но проходили века, и люди, тщательно наблюдая за различными небесными явлениями, в конце концов пришли к современному научному пониманию мира.

Всякая наука опирается в своих выводах на факты, на многочисленные наблюдения. И все то, о чем дальше будет рассказано, получено и много раз проверено наблюдениями небесных явлений. Чтобы убедиться в этом, надо научиться самим производить хотя бы самые простые астрономические наблюдения. Итак, начнем наше знакомство со звездным небом.

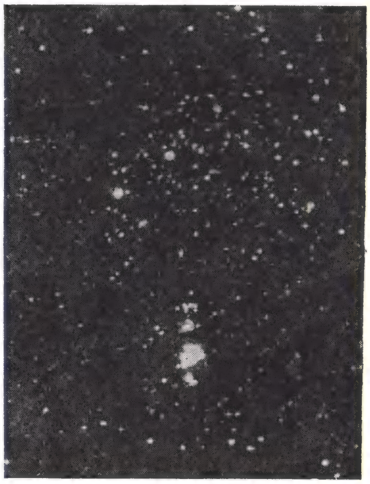
Звезд на небе в темную ночь видно так много, что, кажется, и сосчитать их нельзя. Однако астрономы уже давно сосчитали все звезды, видимые на небе простым, или, как говорят, невооруженным, глазом. Оказалось, что на всем небе (включая звезды, видимые в южном полушарии) в ясную безлунную ночь можно увидеть при нормальном зрении около 6000 звезд.

БЛЕСК ЗВЕЗД

Глядя на звездное небо, можно заметить, что звезды различны по своей яркости, или, как говорят астрономы, по своему видимому блеску. Наиболее яркие звезды условились называть звездами 1-й звездной величины; те из звезд, которые по своему блеску в 2,5 раза (точнее, в 2,512 раза) слабее звезд 1-й величины, получили наименование звезд 2-й звездной величины. К звездам 3-й звездной величины отнесли те из них, которые слабее звезд 2-й величины в 2,5 раза, и т. д. Самые слабые из звезд, доступных невооруженному глазу, были причислены к звездам 6-й звездной величины. Нужно помнить, что название «звездная величина» указывает не на размеры звезд, а только на их видимый блеск.

Можно подсчитать, во сколько раз звезды 1-й звездной величины ярче звезд 6-й звездной величины. Для этого нужно 2,5 взять множителем 5 раз. В результате получится, что звезды 1-й звездной величины ярче по блеску звезд 6-й звездной величины в 100 раз. Всего на небе наблюдается 20 наиболее ярких звезд, о которых обычно говорят, что это звезды 1-й величины. Но это не значит, что они имеют одинаковую яркость. На самом деле одни из них несколько ярче 1-й величины, другие несколько слабее и только одна из них — звезда в точности 1-й величины. Такое же положение и со звездами 2-й, 3-й и последующих величин. Поэтому для точного обозначения яркости той или иной звезды приходится прибегать к дробям. Так, например, те звезды, которые по своей яркости находятся посредине между звездами 1-й и 2-й звездных величин, считают принадлежащими к 1,5-й звездной величине. Есть звезды, имеющие звездные величины 1,6; 2,3; 3,4; 5,5 и т. д. На небе видно несколько особенно ярких звезд, которые по своему блеску превышают блеск звезд 1-й звездной величины. Для этих звезд ввели нулевую и отрицательные звездные величины. Так, например, самая яркая звезда северного полушария неба—Вега — имеет блеск 0,1 звездной величины, а самая яркая звезда всего неба — Сириус — имеет блеск минус 1,3 звездной величины. Для всех звезд, видимых невооруженным глазом, и для многих более слабых точно измерена их звездная величина.

Возьмите обыкновенный бинокль и посмотрите в него на какой-нибудь участок звездного неба. Вы увидите много слабо светящихся звездочек, не видимых невооруженным глазом, потому что объектив (стекло, собирающее свет, в бинокле или теле-



Слева — созвездие Ориона, видимое невооруженным глазом; справа — то же созвездие, видимое в астрономическую трубу.

скопе) больше, чем зрачок человеческого глаза, и в него попадает больше света.

В обычный театральный бинокль легко видны звезды до 7-й звездной величины, а в призменный полевой бинокль — звезды до 9-й звездной величины. В телескопы же видно множество еще более слабосветящихся звезд. Так, например, в сравнительно небольшой телескоп (с поперечником объектива 80 *мм*) видны звезды до 12-й звездной величины. В более мощные современные телескопы можно наблюдать звезды до 18-й звездной величины. На фотографиях, снятых при помощи крупнейших телескопов, можно увидеть звезды до 23-й звездной величины. Они в 6 млн. раз слабее по блеску самых слабосветящихся звезд, которые мы видим невооруженным глазом. И если на небе невооруженному глазу доступно всего лишь около 6000 звезд, то в самые мощные современные телескопы можно наблюдать миллиарды звезд.

КАК ЗАМЕТИТЬ ВРАЩЕНИЕ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Днем по небосводу движется Солнце. Оно восходит, поднимается все выше и выше, потом начинает опускаться и заходит. Но как узнать, одни и те же звезды видны всю ночь на небе или они перемещаются, подобно тому как Солнце перемещается днем? Это легко узнать.

Выберите для наблюдения такое место, откуда небо хорошо видно. Заметьте, над какими местами горизонта (домами или деревьями) Солнце видно утром, в полдень и вечером. Возвратясь на то же место вечером, заметьте наиболее яркие звезды в тех же сторонах неба и отметьте время наблюдения по часам. Если вы придете на то же место через час или два, то убедитесь, что все замеченные вами звезды переместились слева направо. Так, звезда, которая находилась в стороне утреннего Солнца, поднялась выше, а та, которая была в стороне вечернего Солнца, опустилась ниже.

Все ли звезды движутся по небосводу? Оказывается, все, и притом одновременно. В этом легко убедиться.

Ту сторону, где Солнце видно в полдень, называют южной, противоположную — северной. Сделайте наблюдения в северной стороне сначала над звездами, близкими к горизонту, а потом над более высокими. Тогда увидите, что чем выше от горизонта звезды, тем передвижение их становится все менее заметным. И, наконец, можно найти на небе звезду, передвижение которой в течение всей ночи почти незаметно. Значит, все небо движется так, что взаимное расположение на нем звезд не меняется, но одна звезда почти неподвижна, и чем ближе к ней звезды, тем менее заметно их движение. Все небо вращается как одно целое, поворачиваясь вокруг одной звезды; эту звезду назвали Полярной звездой.

В древности, наблюдая суточное вращение неба, люди сделали глубоко ошибочный вывод, что звезды, Солнце и планеты ежесуточно обращаются вокруг Земли. На самом деле, как это установил в XVI в. Коперник, видимое вращение звездного неба — только отражение суточного вращения Земли вокруг своей оси. Но картина видимого суточного вращения неба имеет для нас большое значение: не ознакомившись с ней, нельзя даже найти на небе ту или иную звезду. О том, как в действительности движутся звезды и почему это движение нельзя подметить даже в телескоп, будет рассказано в дальнейших разделах этой книги.

КАК СФОТОГРАФИРОВАТЬ СУТОЧНОЕ ВРАЩЕНИЕ НЕБА

Обыкновенным фотографическим аппаратом можно получить фотографию вращения звездного неба. Установите объектив аппарата на резкость для очень далеких предметов, что можно сделать днем по матовому стеклу.

Когда в безлунную ночь совсем стемнеет, надо вставить кассету и установить аппарат так, чтобы он был направлен на Полярную звезду (как ее быстрее отыскать, мы расскажем ниже). Выдвинув шторку кассеты, откройте объектив на полчаса или лучше на час, в течение которого аппарат должен оставаться неподвижным. Проявив эту пластинку, вы получите негатив с целым рядом коротких темных черточек, каждая из которых будет следом изображения звезды, перемещавшегося по пластинке. Чем больше поперечник объектива, тем больше звезд оставят свои отпечатки на пластинке. Чем дольше продолжительность съемки, тем длиннее окажутся черточки и заметнее будет, что они представляют собой отрезки дуг. Кроме того, эти дуги будут тем больше, чем дальше фотографируемая область неба от Полярной звезды. В центре всех дуг — следов движения звезд — и находится точка, вокруг которой, как нам кажется, вращается небо. Она называется полюсом мира, а Полярная звезда находится от нее недалеко, и потому ее след на снимке виден как очень короткая и яркая дуга.

СОЗВЕЗДИЕ БОЛЬШОЙ МЕДВЕДИЦЫ

Взаимное расположение звезд, как вы уже знаете, не меняется. Если наиболее блестящие и близкие друг к другу звезды своим расположением напоминают какую-нибудь фигуру, то их легко запомнить. Такие группы звезд еще в древности назвали созвездиями и каждому из них дали свое название.

Во всех созвездиях взаимное расположение звезд не изменяется, как не изменяется и взаимное расположение самих созвездий. Все небо, все созвездия вращаются около полюса мира. Когда мы смотрим на Полярную звезду, точнее на полюс мира, то направление нашего взгляда есть направление оси вращения звездного неба, называемой *осью мира*.

Созвездия на небе в древности были выделены условно — по признаку видимой близости звезд. В действительности две соседние звезды в одном созвездии могут быть удалены от нас на различные расстояния.

Созвездие Большой Медведицы по расположению своих семи наиболее ярких звезд напоминает ковш или кастрюлю. Это созвездие замечательно тем, что если провести мысленно линию через две крайние звезды в «передней стенке ковша» (см. рис. на стр. 510), то эта линия укажет Полярную звезду.

Во всякое время ночи можно найти на небе Большую Медведицу, только в разное время ночи и в разное время года это созвездие бывает видно то низко (в начале вечера осенью), то высоко (летом), то в восточной стороне небосвода (весной), то в западной (в конце лета). По этому созвездию можно найти Полярную звезду. Под Полярной звездой всегда и всюду на горизонте находится *точка севера*. Если смотреть на Полярную звезду, то лицо будет обращено к северу, за спиной будет юг, направо — восток, налево — запад.

Созвездие Большой Медведицы нужно знать не только для отыскания на горизонте точки севера, но и для начала поисков *всех* других созвездий.

Итак, найдите на небе характерный ковш из семи звезд, входящий в состав созвездия Большой Медведицы. Само созвездие не ограничивается только семью этими звездами. Ковш и ручка ковша — это только часть туловища и хвост воображаемой фигуры Большой Медведицы, которую в древности рисовали на звездных картах. Передняя часть туловища и морда Медведицы находятся справа от ковша, когда ручка ковша обращена влево. Они, как и лапы Большой Медведицы, образованы множеством слабых звезд 3-й, 4-й и 5-й звездной величины.

В каждом созвездии яркие звезды обозначаются буквами греческого алфавита: α (альфа), β (бета), γ (гамма), δ (дельта), ε (эпсилон), ζ (дзета), η (эта), ϑ (тета), ι (йота), $\varkappa$ (каппа), λ (ламбда), μ (ми), ν (ни), ξ (кси), o (омикрон), π (пи), ρ (ро), σ (сигма), τ (тау), υ (ипсилон), φ (фи), χ (хи), ψ (пси), ω (омега).

Звезды ковша Большой Медведицы имеют обозначения, указанные на карте (см. стр. 496—497). Все эти звезды, кроме δ (дельта),— 2-й звездной величины (δ (дельта) — 3-й величины); из них особенно интересна средняя звезда в ручке ковша. Кроме буквенного обозначения, она носит и особое имя — Мицар. Рядом с ней невооруженным глазом можно заметить слабенькую звездочку 5-й величины, называемую Алькором.

Мицар и Алькор — это наиболее легко наблюдаемая двойная звезда (см. стр. 417—418). Она была известна еще древним арабским астрономам, которые и присвоили звездам, составляющим эту пару, их имена. В переводе с арабского языка эти имена означают «Конь» (Мицар) и «Всадник» (Алькор).

ПРОИСХОЖДЕНИЕ НАЗВАНИЙ НЕКОТОРЫХ СОЗВЕЗДИЙ

Откуда взялись странные названия созвездий, например «Большая Медведица»?

Когда люди в древности наблюдали звездное небо, они обратили внимание на отдельные группы ярких звезд. Фантазия помогла в расположении звезд увидеть очертания сказочных героев или животных.

Почти с каждым созвездием связаны какая-нибудь древняя легенда или миф. Так, например, у древних греков существовала легенда, что всемогущий бог Зевс решил взять себе в жены прекраснейшую нимфу Каллисто, одну из служанок богини Афродиты, вопреки желанию последней. Чтобы избавить Каллисто от преследований богини, Зевс обратил Каллисто в медведицу и взял к себе на небо. О Малой Медведице древние греки рассказывали, что это якобы любимая собака Каллисто, обращенная в медведицу вместе со своей хозяйкой.

О созвездиях Кассиопеи, Цефея, Андромеды, Пегаса и Персея рассказывали другую легенду.

Когда-то, в незапамятные времена, у эфиопского царя Цефея была красавица жена —

царица Кассиопея. Однажды Кассиопея имела неосторожность похвастать своей красотой в присутствии нереид — мифических жительниц моря. Обидевшись, завистливые нереиды пожаловались богу моря Посейдону, который напустил на берега Эфиопии страшное чудовище — кита. Чтобы откупиться от кита, опустошавшего страну, Цефей, по совету оракула, вынужден был отдать на съедение чудовищу свою любимую дочь Андромеду. Он приковал ее к прибрежной скале, и каждую минуту Андромеда ожидала, что из морской пучины вынырнет кит и проглотит ее.

В это время мифический герой Древней Греции Персей совершал один из своих подвигов: он проник на уединенный остров на краю света, где обитали три страшные женщины — горгоны, с клубками змей вместо волос. Взгляд горгоны превращал в камень все живое. Воспользовавшись сном трех горгон, Персей отсек голову одной из них, по имени Медуза, и из разрубленного тела ее выпорхнул крылатый конь Пегас. Проснувшись, две другие горгоны хотели броситься на Персея, но он вскочил на крылатого Пегаса и, держа в руках драгоценную добычу — голову Медузы, полетел домой. Пролетая над Эфиопией, Персей заметил прикованную к скале Андромеду. К ней уже направлялся кит, вынырнувший из морских пучин. Персей вступил в смертельный бой с чудовищем. Ему удалось одолеть кита лишь после того, как он направил на него леденящий взгляд мертвой головы Медузы. Кит окаменел и превратился в небольшой остров, а Персей, расковав Андромеду, привел ее к Цефею и женился на ней. Главных героев этого мифа древние греки поместили на небо. Так появились сохраняющиеся и теперь названия созвездий Цефея, Кассиопеи, Андромеды, Пегаса, Персея.

ПРИЧИНЫ ВРАЩЕНИЯ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Почему же звездное небо как будто вращается и почему именно Полярная звезда почти неподвижна? Оказывается, причина этого кажущегося движения звезд заключается во вращении Земли. Подобно тому как человеку, кружащемуся по комнате, представляется, будто вся комната кружится вокруг него, так и мы, находящиеся на вращающейся Земле, видим, будто бы движутся звезды. Из географии известно, что воображаемая ось, вокруг которой вращается земной шар, пересекает поверхность Земли в двух точках. Эти точки — Северный и Южный географические полюсы. Если направление земной оси продолжить, то оно пройдет вблизи Полярной звезды. Вот почему Полярная звезда кажется почти неподвижной. Она находится у с е в е р н о г о п о л ю с а м и р а.

На южном звездном небе, которое в нашем Северном полушарии видимо только частично из-за шарообразной формы Земли, находится вторая неподвижная точка — ю ж н ы й п о л ю с м и р а, — вокруг которой вращаются южные звезды.

Познакомимся теперь более подробно с кажущимся суточным движением звезд. Повернитесь лицом к южной стороне горизонта и наблюдайте за движением звезд. Для того чтобы эти наблюдения было удобнее проводить, представьте себе полуокружность, которая проходит через з е н и т (точка прямо над головой) и п о л ю с м и р а. Эта полуокружность пересечется с горизонтом в точке севера (под Полярной звездой) и в противоположной ей точке юга. Эту линию астрономы называют н е б е с н ы м м е р и д и а н о м. Она делит небосвод на восточную и западную половины. Наблюдая за движением звезд в южной части неба, мы заметим, что звезды, расположенные слева от небесного меридиана (т. е. в восточной части неба), поднимаются над горизонтом. Пройдя через небесный меридиан и попав в западную часть неба, они начинают опускаться к горизонту. Значит, когда они проходили через небесный меридиан, то в этот момент они достигли своей наибольшей высоты над горизонтом. Астрономы называют прохождение звезды через наивысшее положение над горизонтом в е р х н е й к у л ь м и н а ц и е й данной звезды.

Если вы повернетесь лицом к северу и станете наблюдать за движениями звезд в северной части неба, то заметите, что звезды, проходящие через небесный меридиан ниже Полярной звезды, в этот момент занимают н а и б о л е е н и з к о е положение над горизонтом. Двигаясь слева направо, они, пройдя небесный меридиан, начинают подниматься. Когда звезда проходит через наинизшее из возможных положений над горизонтом, астрономы говорят, что звезда находится в н и ж н е й к у л ь м и н а ц и и.

Таким образом, если звезда проходит через линию небесного меридиана между полюсом мира (или приблизительно Полярной звездой) и точкой юга, то это будет верхняя кульминация звезды, а если звезда проходит через небесный меридиан между полюсом мира и точкой

севера, то это будет нижняя кульминация звезды. У заходящих звезд нижняя кульминация не видима, а у невосходящих звезд (звезд южного полушария неба) не видима и верхняя кульминация, так как обе они происходят под горизонтом.

Среди созвездий, видимых в нашей стране, есть такие, которые, двигаясь вокруг полюса мира, никогда не заходят за горизонт. Это нетрудно проверить наблюдениями: в зимние месяцы созвездие Большой Медведицы в момент наинизшего положения в течение суток видно над горизонтом. Но не только Большая Медведица оказывается незаходящим созвездием для жителей СССР. Звезды Малой Медведицы, Кассиопеи, Дракона, Цефея, близко расположенные к северному полюсу мира, также никогда не заходят, например, за московский горизонт. Это — *незаходящие звезды*.

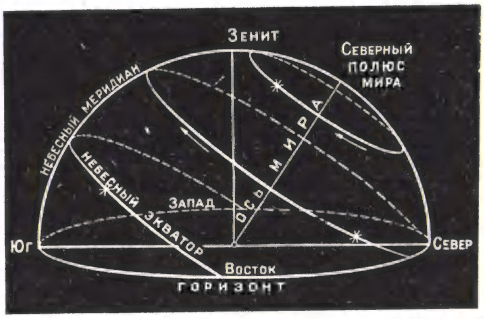


Схема кажущегося движения звезд относительно горизонта для наблюдателя в средних широтах; ось мира и небесный экватор наклонены к горизонту.

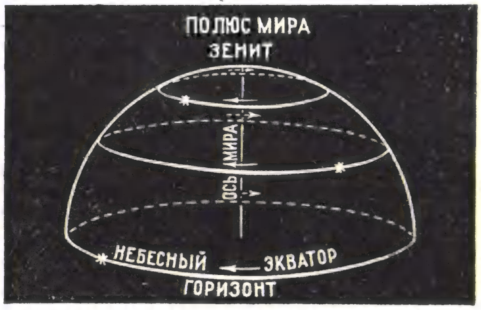


Схема кажущегося движения звезд относительно горизонта для наблюдателя на полюсе.

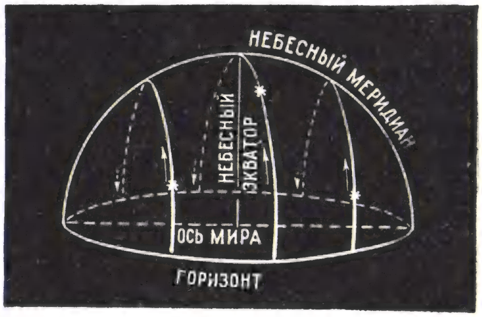


Схема кажущегося движения звезд относительно горизонта для наблюдателя на экваторе.

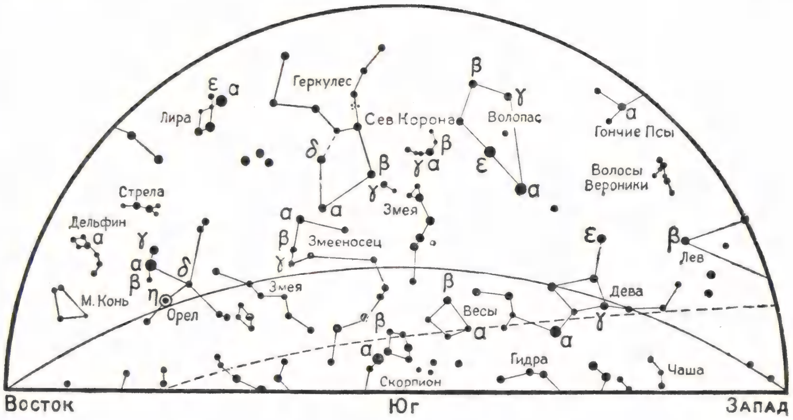
Наряду с незаходящими звездами есть такие, которые никогда не восходят над нашей страной. К ним относятся многие звезды южного полушария неба. Небо, подобно земному шару, мысленно делится на два полушария воображаемой окружностью, все точки которой отстоят от полюсов мира на одинаковом расстоянии. Эта окружность называется *небесным экватором*. Она пересекает линию горизонта в точках востока и запада. Все звезды в течение суток описывают пути, параллельные небесному экватору. То полушарие неба, в котором находится Полярная звезда, называется северным, а другое полушарие — южным. Такие, например, красивые южные созвездия, как Центавр и Южный Крест, никогда не могут быть видимы в Северном полушарии.

ВИД ЗВЕЗДНОГО НЕБА В РАЗНЫХ МЕСТАХ ЗЕМЛИ

В разных местах земного шара небо выглядит различно. Оказывается, вид звездного неба зависит от того, на какой параллели находится наблюдатель, т. е., иначе говоря, какова географическая широта места наблюдения. Вспомните, что́ географы называют географической широтой места. Широта данного пункта на Земле — это расстояние в градусах по географическому меридиану от земного экватора до данного места. Так, например, широта Москвы 56° (точнее, 55°45′), широта Ленинграда 59°56′, Алма-Аты — 43°16′. По звездам можно определить, на какой широте находится наблюдатель. Для этого надо измерить угловое возвышение полюса мира (или приближенно Полярной звезды) над горизонтом, которое *всегда равно* географической широте места. Таким способом, например, определили и широту указанных городов.

Если из Москвы отправиться в путешествие на Северный полюс, то по мере продвижения вы заметите, что Полярная звезда (или полюс мира) становится все выше и выше над горизонтом. Поэтому все большее и большее количество звезд оказывается незаходящими. Вот, наконец, вы прибыли на Северный полюс. Здесь расположение звезд совсем не похоже на московское небо. Географическая широта Северного полюса земного шара равна 90°.

Значит, высота полюса мира над горизонтом также равна 90°, т. е., иначе говоря, полюс мира (и Полярная звезда) будет находиться прямо над головой — в зените. Нетрудно сообразить, что небесный экватор, все точки которого отстоят от полюса мира на 90°, будет здесь, на Северном полюсе, совпадать с линией горизонта. Благодаря этому на Северном полюсе вы увидите необычную картину движения звезд: перемещаясь всегда по путям, параллельным небесному экватору, звезды движутся параллельно горизонту. Значит, на Северном полюсе нет восходящих и заходящих звезд. Здесь все звезды северного полушария неба будут незаходящими, а южного — невосходящими.



Созвездия, видимые в средних широтах летом в южной половине неба.

Если теперь мысленно перенестись с Северного полюса на земной экватор, то вы увидите совершенно иную картину. По мере вашего продвижения на юг широта места и, следовательно, высота полюса мира (и Полярной звезды) начнут уменьшаться, т. е. Полярная звезда будет приближаться к горизонту.

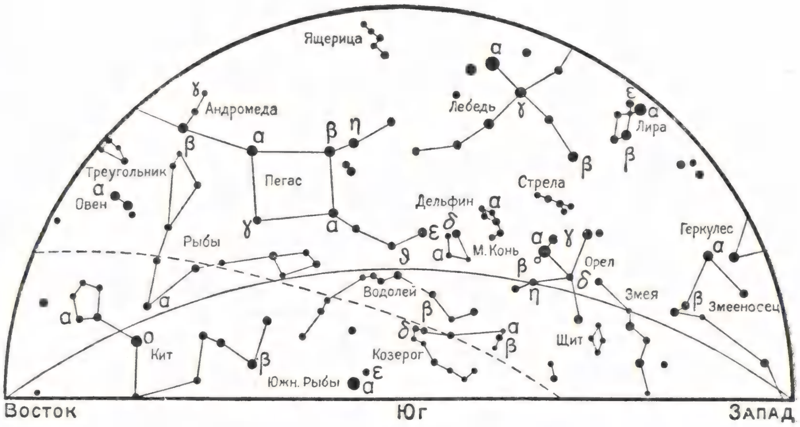
Когда вы будете на земном экваторе, географическая широта любой точки которого равна нулю, то увидите такую картину: северный полюс мира окажется в точке севера, а небесный экватор будет проходить через зенит и станет перпендикулярным к горизонту. В точке юга будет находиться южный полюс мира, расположенный в созвездии Октанта. Все звезды на земном экваторе в течение суток описывают пути, перпендикулярные горизонту. Поэтому на земном экваторе каждая звезда находится полсуток над горизонтом и полсуток под ним. Если бы не было Солнца, которое не позволяет видеть звезды днем, то в течение суток на земном экваторе можно было бы наблюдать все звезды обоих полушарий неба.

Итак, мы убедились, что вид звездного неба зависит от положения наблюдателя. Мы познакомились с тем, как в течение суток совершается видимое движение звезд по небу в различных местах земного шара.

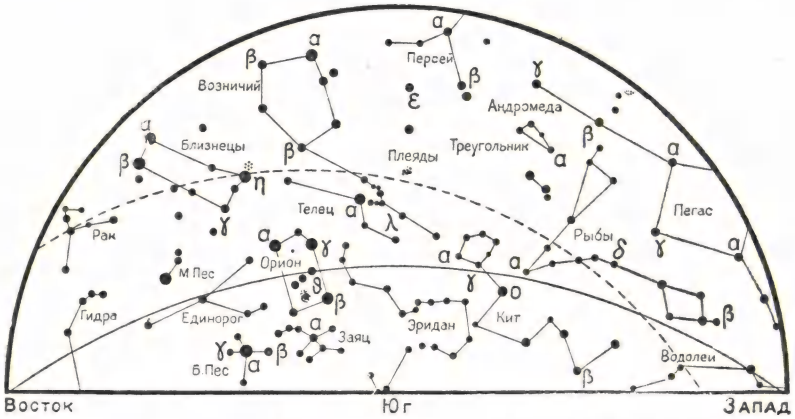
ИЗМЕНЕНИЕ ВИДА ЗВЕЗДНОГО НЕБА В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

В разные времена года по вечерам можно наблюдать разные созвездия. Отчего это происходит?

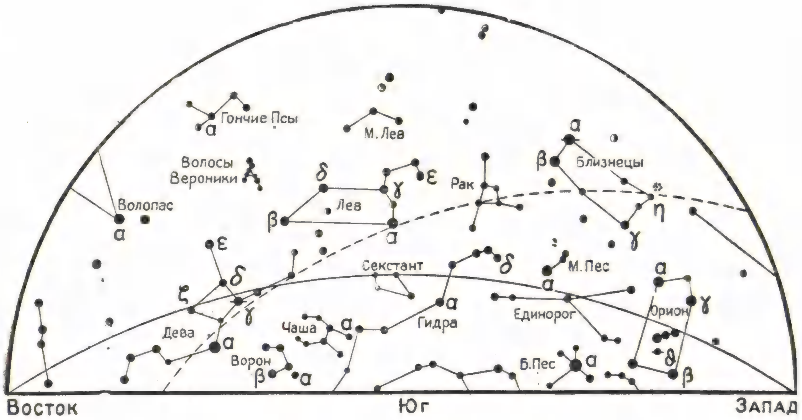
Чтобы выяснить это, произведите некоторые наблюдения. Вскоре после захода Солнца заметьте в западной части неба низко над горизонтом какую-нибудь звезду и запомните ее положение по отношению к горизонту. Если приблизительно через неделю в тот же час суток вы попробуете отыскать эту же самую звезду вскоре после захода Солнца, то заметите, что она теперь стала ближе к горизонту и почти скрывается в лучах вечерней зари. Это произошло потому, что Солнце приблизилось к данной звезде. А через несколько недель звезда совершенно скроется в солнечных лучах и ее



Созвездия, видимые в средних широтах осенью в южной половине неба.



Созвездия, видимые в средних широтах зимой в южной половине неба.



Созвездия, видимые в средних широтах весной в южной половине неба.

нельзя будет наблюдать по вечерам. Когда пройдет еще 2—3 недели, тогда та же самая звезда станет видна по утрам, незадолго перед восходом Солнца, в восточной части неба. Теперь уже Солнце, продолжая свое движение с запада на восток, окажется восточнее этой звезды.

Такие наблюдения показывают, что Солнце не только движется вместе со всеми звездами, в течение суток восходя на востоке и заходя на западе, но еще и медленно перемещается среди звезд в обратном направлении (т. е. с запада на восток), переходя из созвездия в созвездие.

Разумеется, то созвездие, в котором в данный момент находится Солнце, вы наблюдать не сможете, так как оно восходит вместе с Солнцем и движется по небу днем, т. е. тогда, когда звезды не видны. Солнце своими лучами «гасит» звезды не только того созвездия, где оно находится, но и все другие. Поэтому наблюдать их нельзя.

Путь, по которому Солнце перемещается среди звезд в течение года, называется э к л и п т и к о й. Он проходит по двенадцати так называемым з о д и а к а л ь н ы м с о з в е з д и я м, в каждом из которых Солнце ежегодно бывает приблизительно по одному месяцу. Названия этих созвездий, с указанием соответствующего месяца, таковы: Рыбы (март), Овен (апрель), Телец (май), Близнецы (июнь), Рак (июль), Лев (август), Дева (сентябрь), Весы (октябрь), Скорпион (ноябрь), Стрелец (декабрь), Козерог (январь), Водолей (февраль).

Годичное движение Солнца среди звезд кажущееся. На самом деле движется сам наблюдатель вместе с Землей вокруг Солнца; поэтому и кажется, что Солнце переходит из одного созвездия в другое. И если мы будем в течение года по вечерам наблюдать звезды, то обнаружим, что вид звездного неба постепенно изменяется. Мы сможем познакомиться с созвездиями, видимыми в различное время года.

Описанные в этой статье простейшие небесные явления и другие можно увидеть искусственно воспроизведенными в «звездном театре» — планетарии (см. стр. 514).

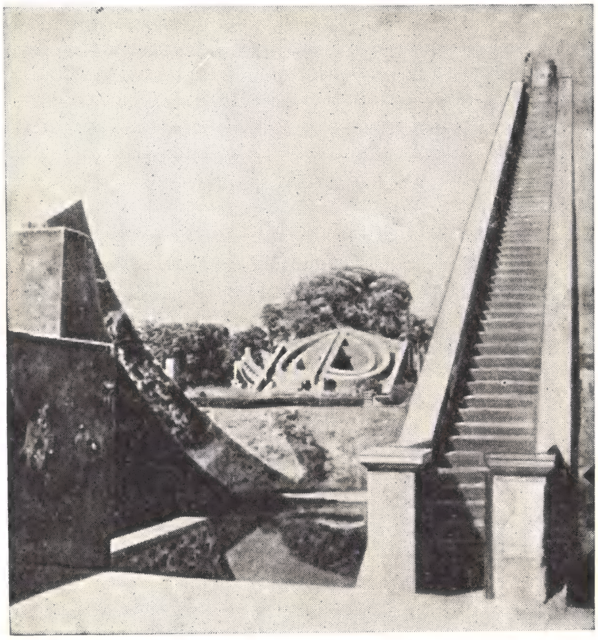
Как развивалась наука о Вселенной

АСТРОНОМИЯ В ДРЕВНОСТИ

Астрономия — древнейшая наука. Она возникла, как указывал один из великих основоположников научного коммунизма Фридрих Энгельс, в связи с практическими потребностями людей еще в глубокой древности.

Основным занятием древнейших народов было скотоводство и земледелие. Поэтому им нужно было иметь представление о явлениях природы, об их связи с временами года. Людям было известно, что смена дня и ночи обусловлена явлениями восхода и захода Солнца. Уже в древнейших государствах: Древнем Египте, Вавилонии, Китае, Индии и др. — земледелие и скотоводство регулировались такими сезонными (т. е. повторяющимися в одни и те же времена года) явлениями природы, как разливы больших рек, наступление дождей, смена теплой и холодной погоды и т. д. Давние наблюдения неба привели к открытию связи между сменой времен года и такими небесными явлениями, как изменение полуденной высоты Солнца в течение года, появление на небе с наступлением вечерней темноты легко заметных ярких звезд.

Таким образом, еще в глубокой древности были заложены основы календаря, в котором основной мерой для счета времени стали сутки (смена дня и ночи), месяц (промежуток между



Старинная индийская обсерватория в городе Дели. Справа—гигантские солнечные часы. Сзади виден так называемый «Мисра Янтра» — комбинация из пяти астрономических инструментов.

двумя новолуниями) и год (время кажущегося полного оборота Солнца по небу среди звезд). Календарь был необходим в первую очередь для того, чтобы с известной точностью рассчитывать время начала полевых работ. Еще в седой древности была установлена приблизительная продолжительность года — $365^1/_4$ суток. На самом деле продолжительность года (т. е. периода обращения Земли вокруг Солнца) составляет 365 дней 5 часов 48 минут 46 секунд — на 11 минут 14 секунд меньше, чем $365^1/_4$ суток. Эта «приблизительность» давала себя знать — с течением времени календарь «расходился» с природой, ожидаемые сезонные явления наступали несколько раньше, чем это должно было быть по календарю. С каждым годом расхождение увеличивалось.

Нужны были наблюдения неба и земных явлений, чтобы постоянно уточнять календарь, «сближать» его с природой. Такие наблюдения велись уже в некоторых странах Древнего Востока.

С течением времени было также обнаружено, что, кроме Солнца и Луны, есть еще пять светил, которые постоянно перемещаются по небу среди звезд. Эти «блуждающие» светила стали называться планетами и впоследствии получили хорошо знакомые нам названия—Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Древние наблюдения позволили подметить на небе очертания наиболее характерных созвездий и установить периодичность наступления таких явлений, как солнечные и лунные затмения.

Наблюдая небесные явления, люди еще не знали вызывающих их причин. Звезды и планеты они видели как светящиеся точки на небе, но об их действительной природе, так же как и о природе Солнца и Луны, ничего не было известно. Не понимая природы небесных светил, не зная законов развития человеческого общества и истинной причины войн и болезней, люди обожествляли светила, приписывая им влияние на судьбы людей и народов. Так возникла лженаука — астрология, пытавшаяся предсказывать судьбы людей по движениям небесных светил.

Подлинная наука давно уже опровергла выдумки астрологии. Тем не менее в капиталистических странах и теперь имеется большое количество астрологов, обманывающих доверчивых людей.

Наука и религия глубоко враждебны друг другу. Наука открывает законы природы и помогает людям использовать природу в своих интересах. Религия, наоборот, всегда внушала людям чувство беспомощности и страха перед природой. Во все времена религия, опираясь на недостаточность знаний, на суеверия и предрассудки, мешала развитию науки. В древности, когда люди не знали законов природы, влияние религии и ее служителей—жрецов было особенно сильно. Жрецы играли большую роль в хозяйственной и политической жизни древневосточных государств. Они были заинтересованы в астрономических наблюдениях, потому что календарь был им необходим для установления дат различных религиозных праздников.

Хозяйственный уклад древних государств с их примитивным земледелием, скотоводством и ремеслом, основанный на ручном труде рабов, не требовал еще сколько-нибудь высокого развития науки и техники. Поэтому астрономические наблюдения, проводившиеся в государствах Древнего Востока на протяжении многовековой истории, не могли привести к созданию астрономии как науки, способной объяснить устройство Вселенной.

В числе других государств Древнего Востока значительных успехов достигли астрономические наблюдения в Китае, где, кроме жрецов, издавна были астрономы, специально занимавшиеся наблюдениями неба. Китайские

астрономы не только научились предсказывать наступление затмений, но и впервые наблюдали солнечные пятна. И позднее астрономия в Китае продолжала развиваться. В IV в. до н. э. китайские астрономы впервые составили так называемый звездный каталог — список 800 наиболее ярких звезд с указанием их положения на небе.

Астрономические познания, накопленные в Древнем Египте и Вавилонии, были заимствованы древними греками. В Древней Греции были более благоприятные условия для развития науки, чем в Китае, Египте и Вавилонии. К VI в. до н. э. греки установили постоянные связи со многими странами.

Уже первые греческие ученые в это время пытались доказать, что Вселенная существует без участия божественных сил. Греческий философ Фалес учил, что все существующее в природе — и Земля и небо — возникло из одного «первоначального» элемента — воды. Другие ученые считали таким «первоначальным» элементом огонь или воздух. В том же VI в. до н. э. греческий философ Гераклит высказал гениальную мысль, что Вселенная никогда никем не была создана, она всегда была, есть и будет, что в ней нет ничего неизменного — все движется, изменяется, развивается. Эта замечательная мысль, высказанная Гераклитом, впоследствии легла в основу современной науки, задачей которой является изучение законов развития природы и человеческого общества.

Многие греческие ученые, однако, наивно считали, что Земля является самым крупным телом во Вселенной и находится в ее центре. При этом они думали, что Земля — неподвижное плоское тело, вокруг которого обращаются Солнце, Луна и планеты. Только позднее, систематически наблюдая природу, ученые могли прийти к выводу, что устройство Вселенной и Земли, на которой мы живем, гораздо сложнее, чем оно представляется неискушенному наблюдателю. В начале VI в. до н. э. Пифагор впервые высказал предположение, что Земля не плоское тело, а имеет шарообразную форму.

Аристотель.
(Рисунок В. И. Таубера.)

Древняя китайская обсерватория. Наблюдения над звездами астрономы вели при помощи угломерных инструментов.
(Рисунок В. И. Таубера.)

Крупным достижением науки было учение греческих философов Левкиппа и Демокрита, утверждавших, что все существующее состоит из мельчайших частиц материи — атомов и что все явления природы совершаются без всякого участия богов и других сверхъестественных сил.

Позднее, в IV в. до н. э., с изложением своих взглядов на устройство Вселенной выступил философ Аристотель. При помощи остроумных соображений он доказал шарообразность Земли. Аристотель утверждал, что лунные затмения происходят, когда Луна попадает в тень, отбрасываемую Землей. На диске Луны мы видим край земной тени всегда круглым. И сама Луна имеет выпуклую, скорее всего шарообразную форму. Таким путем Аристотель

пришел к выводу, что Земля, безусловно, шарообразна и что шарообразны, по-видимому, все небесные тела.

Аристотель считал, что Земля — центр Вселенной, вокруг которого обращаются все небесные тела. Вселенная, по мнению Аристотеля, имеет конечные размеры — ее как бы замыкает сфера звезд. Своим учением Аристотель закрепил на много веков ложное мнение, что Земля — неподвижный центр Вселенной. Это мнение, соответствующее учению греческой религии, разделяли и позднейшие греческие ученые. В дальнейшем его приняла как непреложную истину христианская церковь.

Великий русский ученый М. В. Ломоносов, всю жизнь страстно боровшийся за торжество науки над суеверием, писал, что в течение многих веков «идолопоклонническое суеверие держало астрономическую Землю в своих челюстях, не давая ей двигаться».

Однако и в Греции после Аристотеля некоторые передовые ученые высказывали смелые и правильные догадки об устройстве Вселенной.

Живший в III в. до н. э. Аристарх Самосский считал, что Земля обращается вокруг Солнца. Расстояние от Земли до Солнца он определил в 600 диаметров Земли. На самом деле это расстояние в 20 раз меньше действительного, но по тому времени и оно казалось невообразимо огромным. Однако это расстояние Аристарх считал ничтожным по сравнению с расстоянием от Земли до звезд. Эти гениальные мысли Аристарха, через много веков подтвержденные открытием Коперника, не были поняты современниками. Сам Аристарх был обвинен в безбожии и осужден на изгнание, а его пророческие догадки были забыты.

В конце IV в. до н. э. после походов и завоеваний Александра Македонского греческая культура проникла во все страны Ближнего Востока. Возникший в Египте город Александрия стал крупнейшим культурным центром (в самой Греции в это время начался упадок культуры). В Александрийской академии, объединявшей ученых того времени, в течение нескольких веков велись астрономические наблюдения уже при помощи угломерных инструментов. Александрийские астрономы достигли большой точности в своих наблюдениях и внесли много нового в астрономию.

В III в. до н. э. александрийский ученый Эратосфен впервые определил размеры земного шара (см. том 1 ДЭ).

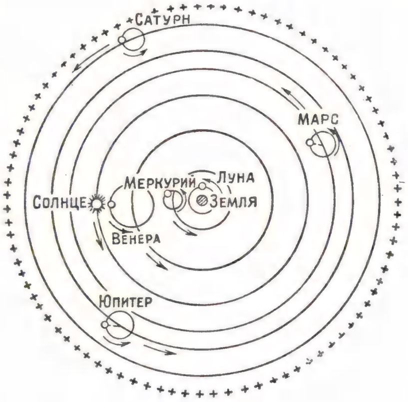
Во II в. до н. э. великий александрийский астроном Гиппарх, используя уже накопленные наблюдения, составил каталог свыше 1000 звезд с довольно точным определением их положения на небе. Гиппарх разделил звезды на группы и к каждой из них отнес звезды примерно одинакового блеска. Звезды с наибольшим блеском он назвал звездами первой величины, звезды с несколько меньшим блеском — звездами второй величины и т. д. Гиппарх ошибочно думал, что все звезды находятся от нас на одинаковом расстоянии и что поэтому разница в их блеске зависит только от их размеров. В действительности дело обстоит иначе: звезды находятся на различных расстояниях от нас. Поэтому звезда огромных размеров, но находящаяся на очень большом расстоянии от нас будет по своему блеску казаться звездой далеко не первой величины. Наоборот, звезда первой величины может быть по своим размерам весьма скромной, но находиться сравнительно близко от нас. Однако Гиппарховы «величины» как обозначение видимого блеска звезд сохранились до нашего времени.

Гиппарх впервые определил размеры Луны и ее расстояние от нас и, сопоставляя результаты личных наблюдений и наблюдений своих предшественников, вывел продолжительность солнечного года с очень малой ошибкой (только на 6 минут). Позднее, в I в. до н. э., александрийские астрономы участвовали в реформе календаря, предпринятой римским диктатором Юлием Цезарем. Эта реформа привела к введению календаря, действовавшего в Западной Европе до XVI—XVIII вв., а в нашей стране — до Великой Октябрьской социалистической революции. Об этом читатель подробнее узнает из статьи «Счет времени, часы и календарь» (см. стр. 435).

Гиппарх и другие астрономы той эпохи уделяли много внимания наблюдениям движений планет. Эти движения представлялись крайне запутанными. В самом деле, направление движения планет по небу как будто периодически меняется — планеты как бы описывают петли по небу. Эта кажущаяся сложность в движении планет в действительности вызывается движением Земли вокруг Солнца. Но древние астрономы, считавшие Землю неподвижной, думали, что планеты действительно совершают такие сложные движения вокруг Земли.

Во II в. н. э. александрийский астроном Птолемей выдвинул свою «систему мира». Он пытался объяснить устройство Вселенной с учетом видимой сложности движения планет.

Считая Землю шарообразной, а размеры ее ничтожными в сравнении с расстоянием до планет и тем более до звезд, Птолемей, однако, вслед за Аристотелем утверждал, что Земля— неподвижный центр Вселенной. Так как Птолемей считал Землю центром Вселенной, его система мира была названа геоцентрической[1].



Система мира по Птолемею.

Вокруг Земли, по мнению Птолемея, движутся (в порядке возрастания расстояний) Луна, Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн, звезды. Но если движение Луны, Солнца, звезд правильное круговое, то движение планет гораздо сложнее. Каждая из планет, по мнению Птолемея, движется не вокруг Земли, а вокруг некоторой точки. Точка эта, в свою очередь, движется по кругу, в центре которого находится Земля. Круг, описываемый планетой вокруг движущейся точки, Птолемей назвал э п и ц и к л о м, а круг, по которому движется точка около Земли, — д е ф е р е н т о м.

Трудно представить себе, чтобы в природе могли совершаться такие запутанные движения, да еще вокруг воображаемых точек. Такое искусственное построение потребовалось Птолемею, чтобы объяснить видимую сложность движения планет, исходя из ложного представления о неподвижности Земли, расположенной в центре Вселенной.

Система мира Аристотеля — Птолемея казалась современникам правдоподобной. Она давала возможность заранее вычислять движение планет на будущее время — это было необходимо для ориентировки в пути во время путешествий и для календаря. Однако это была ложная система. Она не отражала действительного устройства Вселенной, так как Земля в действительности не находится в центре Вселенной. Тем не менее систему мира Птолемея признавали почти полторы тысячи лет.

Геоцентрическая система мира Птолемея появилась в то время, когда и Египет и Греция давно уже были завоеваны Римом. Огромная Римская империя клонилась к упадку, к которому ее привели изживший себя рабовладельческий строй, длительные войны и нашествие отсталых народов. Наряду с разрушением старинных городов истреблялись памятники греческой науки.

На смену рабовладельческому строю пришел феодальный строй. Христианская религия, распространившаяся к этому времени в странах Европы, признала геоцентрическую систему мира согласной со своим учением.

В основу своего миропонимания христианство положило библейскую легенду о сотворении мира богом за шесть дней. Согласно легенде, Земля является «средоточием» Вселенной, а небесные светила созданы для того, чтобы освещать Землю и украшать небесный свод. Всякое отступление от этих взглядов христианство беспощадно преследовало. Система мира Аристотеля — Птолемея, ставившая Землю в центр мироздания, оказалась согласной с христианским вероучением. Впрочем, многие «отцы церкви» отказывались признавать именно те положения этой системы мира, которые были верными, например положение о шарообразности Земли. В христианских странах получило ши-

Бируни — выдающийся ученый из Хорезма.
(Рисунок В. И. Таубера.)

[1] Ге — по-гречески «Земля».

рокое распространение «учение» монаха Козьмы Индикоплова, считавшего Землю плоской, а небо как бы «крышкой» над ней. Это учение было возвращением к самым примитивным представлениям древнейших народов об устройстве Вселенной.

В эпоху средневековья восточные страны значительно обогнали Европу в развитии науки. В Индии, в Китае и в огромном государстве, основанном в VIII в. арабами, астрономия сделала большие успехи, превзойдя уровень, достигнутый в свое время греческой астрономией.

Но наибольшего развития в средние века астрономия достигла в странах Средней Азии и в Азербайджане. Великие среднеазиатские ученые Бируни, Омар Хайям и другие, а также азербайджанский астроном Насирэддин Туси были самыми крупными астрономами средневековья. Их трудами в значительной степени был подготовлен революционный переворот в науке, совершенный в XVI в. великим польским ученым Коперником. Коперник доказал, что Земля и планеты движутся вокруг Солнца, и окончательно опроверг ложную систему мира Птолемея. Но об этом читатель узнает из других очерков.

ВЕЛИКИЕ АСТРОНОМЫ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Народы Средней Азии, входящие ныне в Союз Советских Социалистических Республик, еще в глубокой древности создали высокую культуру. Среднеазиатские ученые развивали и двигали науку вперед в то время, когда в Западной Европе она находилась в упадке. Коперник и другие великие ученые Европы, создавшие в XVI—XVII вв. новое учение об устройстве Вселенной, имели достойных предшественников в лице великих среднеазиатских ученых IX—XV вв.

Среднеазиатские народы должны были с глубокой древности в жестокой борьбе отстаивать свою независимость. Обширные области Средней Азии в первой половине IV в. до н. э. были завоеваны греками под предводительством Александра Македонского, а спустя тысячу лет —арабами.

В начале XIII в. Среднюю Азию захватили монголы во главе с Чингис-ханом. Отсюда монголы распространили свои завоевания на Кавказ и Восточную Европу. Однако ни войны, ни временное господство чужеземных завоевателей не могли остановить развитие культуры среднеазиатских народов.

На протяжении многих веков в низовьях Аму-Дарьи процветала культура Хорезмского государства.

Лишь в наше время труды советских археологов дали возможность восстановить величественную культуру Древнего Хорезма с ее замечательными памятниками архитектуры и изобразительного искусства. Крупными культурными центрами Средней Азии были Бухара, столица могущественного Таджикского государства, а также Мерв и Самарканд (важнейший центр узбекской культуры, развивавшийся в условиях тяжкого гнета монгольских завоевателей).

Достижения среднеазиатских ученых, работавших в Древнем Хорезме, Бухаре, Мерве, Самарканде, не только далеко опередили науку других народов, но и предвосхитили последующие достижения европейской науки. В особенности это относится к астрономии.

Уже в первой половине IX в. в Хорезме жил и работал замечательный ученый Мухаммед, прозванный Аль-Хорезми (из Хорезма), крупнейший математик своей эпохи, один из создателей алгебры. Аль-Хорезми был также крупным астрономом, он значительно улучшил таблицы движений планет, составленные Птолемеем, и изобрел астролябию — прибор, который много веков применяли для определения широты и долготы мест на поверхности Земли.

В конце X и первой половине XI в. протекала деятельность самого выдающегося из хорезмийских ученых — Бируни (973—1048). Труды Бируни являлись высшим достижением науки в ту эпоху.

Живя в условиях господства мусульманской религии (которая относилась к науке столь же враждебно, как и христианская), Бируни смело и уверенно выступал против религиозного миропонимания. Он считал, что в природе все существует и изменяется по законам самой природы, а не по божественному велению. По мнению Бируни, вера в таинственные силы, будто бы существующие в природе и влияющие на судьбы людей, возникла из-за незнания законов природы. Постигнуть же эти законы люди могут только с помощью науки.

Бируни работал в различных областях науки: он внес много нового в историю, в географию и в минералогию. Он был самым выдающимся астрономом своего времени. Бируни категорически утверждал, что Земля имеет шарообразную форму. Он указывал, что если бы Земля не была шарообразным телом, то многие явления природы представлялись бы

нам совсем иными, например продолжительность дней и ночей не менялась бы в различные времена года.

Исходя из правильного представления о форме Земли, Бируни определил размеры (длину окружности) Земли более точно, чем это сделал в свое время Эратосфен. Из наблюдений над понижением линии горизонта, рассматриваемой с возвышенного места, он высчитал, что длина окружности Земли составляет (в переводе на наши меры) 41 550 *км*. Действительная длина окружности Земли, установленная современной наукой путем более точных измерений и расчетов, очень мало отличается от вычисленной Бируни.

Бируни много занимался астрономическими наблюдениями и старался научно объяснить наблюдаемые явления, которые были загадкой для современных ему астрономов. Так, он считал, что солнечная корона — сияние вокруг Солнца, видимое во время полных солнечных затмений,— вызывается потоками легкого вещества, подобного дыму, который вырывается из недр Солнца. Эту догадку Бируни в наше время наука подтвердила. Но, конечно, явления на Солнце, вызывающие образование солнечной короны, более сложны, чем в свое время мог думать Бируни. Он считал, что в астрономии, как и во всякой науке, никакие соображения не заслуживают доверия, если они не подтверждены наблюдением и опытом.

Бируни критически относился к учению Птолемея и допускал возможность движения Земли вокруг Солнца. Таким образом, за пятьсот лет до Коперника Бируни правильно представлял себе устройство солнечной системы. Как настоящий ученый, Бируни всегда боролся против вмешательства религии в дела науки. За свои передовые взгляды он постоянно подвергался преследованиям со стороны мусульманских фанатиков и три раза вынужден был покидать родину и скрываться в изгнании.

Старшим современником Бируни был великий таджикский ученый Ибн-Сина, получивший в Европе известность под именем Авиценны. Авиценна больше всего прославился как основоположник медицины, но он одновременно был и выдающимся математиком и астрономом.

В XI и в начале XII в. протекала жизнь и деятельность Омара Хайяма (около 1040—1123 гг.) — великого таджикского поэта, ученого и философа. Омар Хайям был подлинным революционером в науке. Он считал, что Земля, как и другие небесные тела, движется в бесконечном пространстве Вселенной, вращаясь

Улуг-бек — знаменитый узбекский астроном.
(Рисунок В. И. Таубера.)

вокруг своей оси. Омар Хайям утверждал, что Вселенная никогда не была создана — она существует вечно. Как и Бируни, Омар Хайям учил, что только наука может открывать законы природы и заставлять природу служить нам.

В Закавказье (в Азербайджане) в XIII в. прославился своими наблюдениями астроном Мухаммед Насирэддин Туси (1201—1274), построивший великолепную обсерваторию в Мараге. Вместе с другими астрономами он составил таблицы положения планет и звезд, более точные, чем таблицы Гиппарха и Птолемея. Он ознакомил восточных ученых со всеми достижениями древнегреческой астрономии.

Великие ученые Средней Азии были не только выдающимися мыслителями, высказывавшими правильные, позднее подтвержденные наукой взгляды на устройство мира, но и замечательными наблюдателями, с необычайным вниманием следившими за явлениями природы. Особенно прославились своими наблюдениями самаркандские астрономы XV в., в числе которых был и сам правитель Самарканда Улуг-бек (1394—1449). Улуг-бек был внуком известного завоевателя Тимура, который во второй половине XIV в. захватил власть в Средней Азии,

а потом после успешных походов оказался во главе огромной империи, простиравшейся от Инда до Волги, от границ Китая до Малой Азии. Столицей государства Тимура был Самарканд. В этот город Тимур привлекал ученых, художников, строителей как из других городов Средней Азии, так и из завоеванных стран. Благодаря их трудам Самарканд украсился замечательными постройками, стал одним из красивейших городов мира.

После смерти Тимура его огромная империя распалась. Улуг-бек, который еще в молодые годы был наместником в Самарканде, а впоследствии объединил под своей властью значительную часть Средней Азии, не был завоевателем — его призванием была наука.

Изучив астрономию под руководством ученых, привлеченных им в Самарканд, Улуг-бек сам стал производить наблюдения над небом. Он выстроил в Самарканде грандиозную обсерваторию. Таких крупных и хорошо оборудованных обсерваторий не было нигде ни до Улугбека, ни много времени спустя после него.

Огромное здание этой обсерватории, воздвигнутой на одном из холмов в Самарканде, поражало современников своими размерами и великолепием. Но еще более замечательным было ее оборудование. Она была оснащена лучшими по тому времени инструментами. Телескопов тогда еще не существовало. Астрономы вели свои наблюдения при помощи угломерных инструментов, служивших для определения положения светил на небе и расстояний между ними, выраженных в градусах и минутах дуги. Инструменты обсерватории Улуг-бека были самыми крупными и совершенными, какие только можно было тогда изготовить. Располагая ими, самаркандские астрономы — Джемшид, Али Кушчи и др. — достигли такой точности в своих наблюдениях, которая еще полтора века спустя оставалась непревзойденной.

Самым замечательным из трудов самаркандских астрономов были «Звездные таблицы» — каталог, содержавший точные положения на небе 1018 звезд. Этот каталог долго оставался самым полным и самым точным; европейские астрономы переиздавали его еще спустя два века. Не меньшей точностью отличались и самаркандские таблицы движений планет. Наблюдения астрономов Улуг-бек как правитель широко использовал для практической цели — определения географических координат различных мест в Средней Азии.

Улуг-бек враждебно относился к мусульманской религии и заботился о распространении просвещения в народе. В Самарканде и других городах он открывал учебные заведения, в которых преподавались «светские» науки. Понятно, что мусульманские фанатики ненавидели Улуг-бека — вольнодумца и вероотступника. В конце концов Улуг-бек был убит.

Так преждевременно закончилась жизнь Улуг-бека, а затем и деятельность объединявшихся вокруг него ученых. После гибели Улугбека в стране началось гонение против науки и ученых, которые были вынуждены оставить страну. Вскоре мусульманские фанатики разрушили ненавистную им обсерваторию, и развалины ее с течением времени сровнялись с землей. Самое местонахождение обсерватории было потом забыто. Только в недавнее время нашим ученым удалось обнаружить в земле остатки обсерватории Улуг-бека и составить полное представление об этом великолепном для своего времени сооружении.

Вынужденные оставить Самарканд астрономы работали в других странах, продолжая исследования. Но еще и при жизни Улуг-бека труды самаркандских астрономов были широко известны во всем мире и оказали большое влияние на развитие астрономии.

Наступление реакции во многих странах Средней Азии и усилившийся гнет мусульманской религии надолго задержали развитие культуры народов Средней Азии, вновь расцветшей лишь при Советской власти. Но их гордостью и поныне остаются имена выдающихся ученых Мухаммеда из Хорезма, Бируни, Омара Хайяма, Улуг-бека и др. Трудами этих ученых астрономия была поднята на такую высоту, какой она нигде не достигала до появления Коперника.

Самаркандские астрономы были последними из знаменитых среднеазиатских астрономов той эпохи. Спустя сто лет в славянских землях Европы Коперник сделал свое великое открытие, ставшее основой развития наших современных знаний о Вселенной.

В своих научных исканиях ученые Средней Азии использовали достижения науки Древней Греции, а также и индийской науки, достигшей высокого развития в IV—VIII вв., особенно в области математики, физики и астрономии. Известно, что индийские астрономы Ариабхата (начало V в.) и Варахамихара утверждали не только шарообразность Земли, но и ее вращение вокруг своей оси. К сожалению, не сохранилось никаких сведений о том, какие доводы они приводили для обоснования своего мнения. В VII в. другой замечательный

мыслитель — Брамагупта высказал предположение, что Земля притягивает к себе все другие тела. Брамагупта, таким образом, приближался к мысли о существовании всемирного тяготения, хотя и не мог обосновать это так, как спустя более тысячи лет это сделал Ньютон. Развитию астрономии в Индии способствовали успехи индийской математики, которая потом оказала большое влияние на европейскую математику. (В Индии была создана и распространилась на весь мир десятичная система счисления.)

ЗАРОЖДЕНИЕ НОВОЙ АСТРОНОМИИ

В средневековой Европе развитие науки задержалось на много веков. Лучшие достижения ученых древности были забыты. Всякую попытку научного объяснения мира христианская церковь беспощадно преследовала.

С XII—XIII вв. в разных странах Европы начали открываться университеты, но в них изучалось главным образом богословие. Изучению природы вовсе не уделялось внимания. Отсталый экономический строй средневековья задерживал развитие науки и техники.

Со второй половины XV в. появляется новый класс общества — буржуазия, заинтересованная в открытии новых стран, в завоевании и колонизации далеких земель. Буржуазия дала мощный толчок развитию торговли, мореплавания, промышленности и нанесла сокрушительный удар отсталому феодальному строю. Началась эпоха капитализма.

В Европе, в первую очередь в Италии, а за ней и в других странах, наступила так называемая эпоха Возрождения, связанная с бурным развитием науки и искусств, с великими географическими открытиями, с борьбой против всесильного господства церкви.

Эпоха Возрождения выдвинула великих прогрессивных деятелей во всех областях культуры. Великие ученые и философы этого времени опрокинули старые, отжившие представления об устройстве мира и в жестокой борьбе с церковью заложили прочный фундамент наших знаний о Вселенной.

Средневековые христианские «ученые» объясняли природу по библии и сочинениям Аристотеля и Птолемея, в которых каждое слово считалось за истину, хотя бы оно в корне противоречило тому, что действительно происходит в природе. Против этой беспомощной «науки» (или, как ее назвали, схоластики) выступили великие ученые эпохи Возрождения; их задачей было раскрытие подлинных законов природы.

В самом конце XV и начале XVI в. заокеанские путешествия Колумба, Васко да Гамы и других смелых мореплавателей привели к открытию Америки и морского пути в Индию, расширили сложившееся веками представление о нашей планете. Земля оказалась обширнее, чем думали в средние века. В 1519—1521 гг. первое кругосветное путешествие Магеллана подтвердило, что Земля имеет шарообразную форму (см. том 1 ДЭ).

Далекие заокеанские путешествия стали возможными после того, как в XV в. вновь были пересмотрены Птолемеевы таблицы движений планет. Новые вычисления дали возможность еще на некоторое время «согласовать» таблицы с наблюдениями, но это потребовало еще большего усложнения системы Птолемея. Это была последняя и тщетная попытка средневековых ученых «починить» надуманную систему мира.

Окончательный удар системе мира Птолемея — а вместе с ней и церковному мировоззрению — был нанесен в середине XVI в. великим открытием Николая Коперника.

НИКОЛАЙ КОПЕРНИК

24 мая (ст. ст.) 1543 г. тяжелая, гнетущая весть разнеслась среди жителей Фромборка — рыбачьего городка в устье Вислы, на севере Польши. Эта весть быстро распространилась по всем окрестным деревням и всей области, повергая в скорбь простых людей — крестьян, рыбаков, ремесленников: после долгой болезни скончался Николай Коперник.

Простые люди Вармии (так называлась самостоятельная церковная область в Польше, центром которой был городок Фромборк) знали, что доктор Коперник — самый образованный человек во всем государстве — всегда был их другом и защитником. Замечательный врач, Коперник безвозмездно лечил бедняков: и днем и ночью он готов был спешить на помощь

больному. Все знали, что, участвуя в управлении областью, Коперник защищал права простых людей. Многие помнили страшное время, почти четверть века назад, когда наглые захватчики — тевтонские псы-рыцари — напали на страну и принесли с собой смерть и разрушение. И тогда миролюбивый ученый доктор Коперник, страстный патриот, возглавил оборону одного из городов.

После двухлетней героической борьбы захватчики были изгнаны за пределы польской земли.

Коперника знали не только его земляки и соотечественники, но и передовые ученые многих стран. Известие о его смерти было и для них тяжким ударом. И только другая весть, пришедшая вслед за первой, смягчила тяжесть утраты: стало известно, что Коперник успел закончить и напечатать великий труд, которому он посвящал все свое свободное время на протяжении более тридцати лет. То была его бессмертная книга «Об обращениях небесных сфер», в которой он доказал, что Вселенная устроена совсем не так, как множество веков проповедовала религия.

Почти полтора тысячелетия владело умами людей ложное учение древнегреческого ученого Птолемея, утверждавшее, что Земля неподвижно покоится в центре Вселенной. Последователи Птолемея в угоду церкви придумывали все новые «разъяснения» и «доказательства» движения планет вокруг Земли, чтобы охранить «истинность» и «святость» его ложного учения. Но от таких «починок» система Птолемея становилась еще более надуманной и искусственной.

Задолго до Птолемея греческий ученый Аристарх утверждал, что Земля движется вокруг Солнца. Даже ко времени своего появления учение Птолемея было шагом назад по сравнению со взглядами передовых греческих ученых.

Позже, в средние века, передовые ученые не боялись высказывать мысли о строении мира, согласные с Аристархом, и отвергали ложное учение Птолемея.

Незадолго до Коперника великие итальянские ученые Николай Кузанский и Леонардо да Винчи утверждали, что Земля движется, что она вовсе не находится в центре Вселенной и не занимает в ней исключительного положения.

Почему же, несмотря на это, система Птолемея продолжала господствовать и, опираясь на всесильную церковную власть, подавляла свободную мысль, мешала развитию науки? Потому, что великие ученые, отвергавшие учение Птолемея и высказывавшие правильные взгляды на устройство Вселенной, не могли еще подкрепить их бесспорными доказательствами.

Это смог сделать только великий польский ученый Николай Коперник. После тридцати лет упорнейшего труда, долгих наблюдений неба и сложных математических расчетов он убедительно показал, что Земля — только одна из планет, что все планеты обращаются вокруг Солнца.

Своей бессмертной книгой он как бы бросил вызов церковным авторитетам, разоблачая их полное невежество в вопросе об устройстве Вселенной.

Коперник не дожил до того времени, когда его книга распространилась по всему свету, открывая людям правду о Вселенной. Он был при смерти, когда друзья принесли и вложили в его холодеющие руки первый экземпляр книги, отпечатанной в Нюрнберге , далеком городе на

Николай Коперник.
(Гравюра Л. А. Кравченко.)

чужбине (тогда книгопечатание только входило в обиход, и лишь в немногих городах Западной Европы уже были открыты типографии).

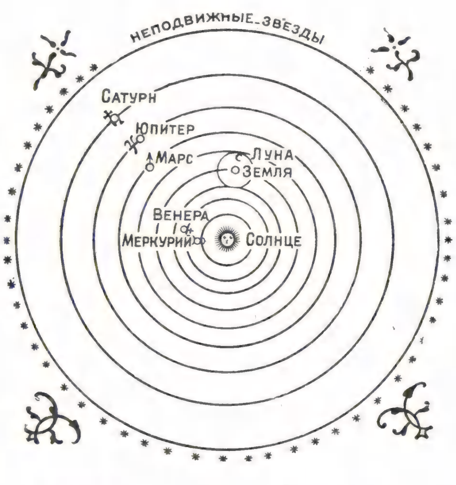
Коперник родился в 1473 г. в польском городе Торуни. Он жил в трудное время, когда Польша и ее великий сосед — Русское государство — продолжали вековую борьбу с захватчиками — тевтонскими рыцарями и татаро-монголами, издавна стремившимися поработить славянские народы.

Обсерватория в Западной Европе в эпоху Коперника.
(Со старинной гравюры.)

Коперник рано лишился родителей. Его воспитал дядя по матери Лукаш Ватцельроде — выдающийся деятель того времени, всю жизнь боровшийся за единение братских славянских народов против их общих иноземных врагов.

Жажда знаний владела Коперником с детства. Сначала он учился у себя на родине в Польше. Потом продолжал образование в итальянских университетах. Конечно, астрономия там излагалась по Птолемею, но Коперник тщательно изучал и все сохранившиеся труды великих математиков и астрономов древности. У него уже тогда возникли мысли о правоте гениальных догадок Аристарха, о ложности системы Птолемея. Но не одной астрономией занимался Коперник. Он изучал философию, право, медицину и вернулся на родину всесторонне образованным для своего времени человеком.

Коперник поселился в Вармии — сначала в г. Лидцбарке, потом в Фромборке. Деятельность его была необычайно разнообразна: он лечил больных и, кроме того, принимал самое активное участие в управлении областью, ведая ее финансовыми, хозяйственными и другими делами. В то же время Коперник неустанно размышлял над истинным устройством солнечной системы и в его голове уже зрело великое открытие. Таков был этот замечательный сын польского народа, ставший основоположником современной астрономии.

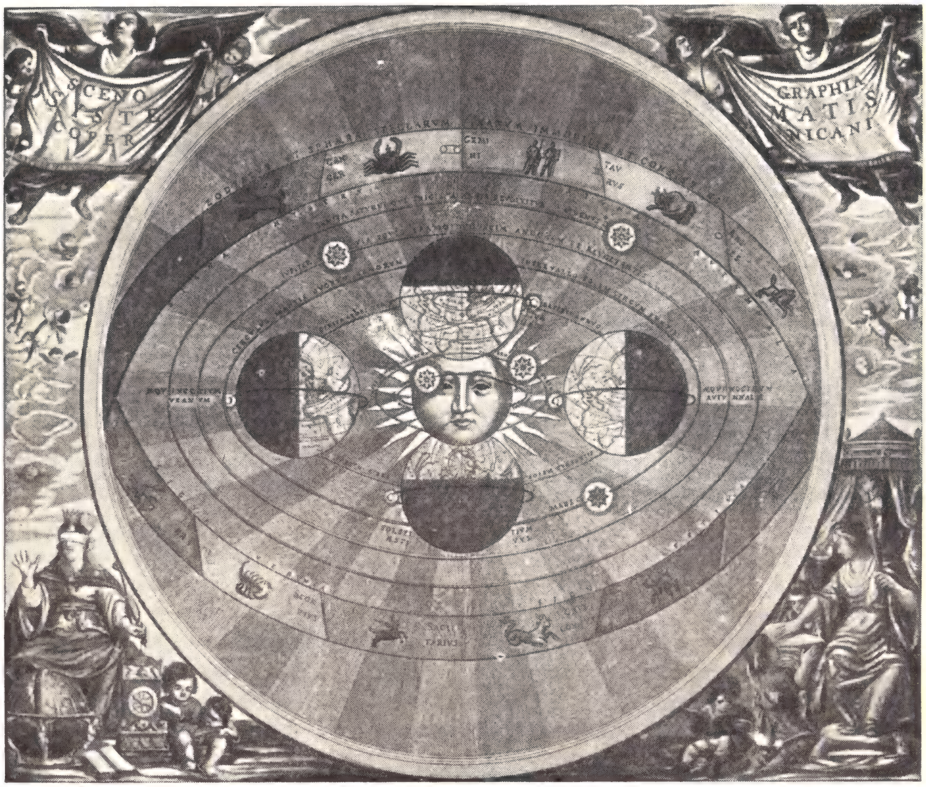


Система мира по Копернику.
(Рисунок из сочинения Коперника.)

Что же заключает в себе книга Коперника и почему она нанесла такой сокрушительный удар по системе Птолемея, которая со всеми своими изъянами и «заплатами» держалась четырнадцать веков под покровительством всесильной в ту эпоху церковной власти? В этой книге Коперник утверждал, что Земля и планеты—спутники Солнца. Он доказал, что именно движением Земли вокруг Солнца и ее суточным вращением вокруг своей оси объясняется видимое движение Солнца, странная запутанность в движении планет и видимое вращение небесного свода.

Гениально просто Коперник объяснял, что мы воспринимаем движение далеких небесных тел так же, как и перемещение различных предметов на Земле, когда сами находимся в движении.

Мы скользим в лодке по спокойно текущей реке, и нам кажется, что лодка и мы в ней неподвижны, а берега «плывут» в обратном направлении. На велосипеде мы обогнали идущего пешехода, а нам кажется, что пешеход движется в обратном направлении. Точно так же нам только кажется, что Солнце движется вокруг Земли, а на самом деле Земля со всем, что на ней находится, дви-



Старинное изображение системы мира по Копернику.

жется вокруг Солнца и в течение года совершает полный оборот по своей орбите.

И точно так же, когда Земля в своем движении вокруг Солнца обгоняет другую планету, нам кажется, что планета движется назад, описывая петлю на небе. В действительности планеты движутся вокруг Солнца по орбитам правильной формы, не делая никаких петель. Коперник, как и древнегреческие ученые, ошибочно полагал, что орбиты, по которым движутся планеты, круговые.

Спустя три четверти века великий немецкий астроном Иоганн Кеплер, продолжатель дела гениального Коперника, доказал, что орбиты всех известных планет представляют собой вытянутые окружности — эллипсы.

Звезды Коперник считал неподвижными. Сторонники Птолемея, настаивая на неподвижности Земли, утверждали, что если бы Земля двигалась в пространстве, то при наблюдении неба в разное время нам должно было бы казаться, что звезды смещаются, меняют свое положение на небе. Таких «смещений» звезд за много веков не заметил ни один астроном. Именно в этом сторонники учения Птолемея хотели видеть доказательство неподвижности Земли.

Однако Коперник утверждал, что звезды находятся от нас на невообразимо огромных расстояниях. Поэтому ничтожные «смещения» их не могли быть замечены. Действительно, расстояния от нас даже ближайших звезд оказались настолько большими, что еще спустя три века после Коперника они не поддавались точному определению. Только в 1837 г. знаменитый русский астроном Василий Яковлевич Струве положил начало точному определению расстояний до звезд (см. стр. 472).

Понятно, какое потрясающее впечатление должна была со временем произвести книга, в которой ученый объяснял мир, не считаясь с религией и даже отвергая всякий авторитет церкви в делах науки. Деятели церкви не сразу поняли, какой удар по религии наносит научный труд Коперника, в котором он низвел Землю на положение одной из планет. Некоторое время книга свободно распространялась среди ученых. Но прошло немного лет, и революционное значение великой книги проявилось в полной мере. Выдвинулись другие великие ученые — продолжатели дела гениального Коперника. Они развили и распространили идею бесконечности Вселенной, в которой Земля — как бы песчинка, а миров — бесчисленное множество. С этого времени церковь начинает ожесточенное преследование сторонников учения Коперника.

Новое учение о солнечной системе (гелиоцентрическое, как его называют) утвердилось в жесточайшей борьбе со злейшим врагом науки — религией. Учение Коперника подрывало самые основы религиозного мировоззрения и открывало широкий путь к научному познанию явлений природы.

ДЖОРДАНО БРУНО

Трудным, героическим путем шла передовая наука к своим завоеваниям. История науки знает много ученых-героев, не щадивших ни сил, ни самой жизни в борьбе за торжество науки против религиозного суеверия и невежества.

В конце XVI и в начале XVII в. всесильная церковь беспощадно преследовала передовых ученых — последователей Коперника, пропагандировавших и развивавших его учение.

Коперник доказал, что не Земля, а Солнце является центральным телом, вокруг которого обращаются планеты, в том числе и Земля. Рушилось ветхое здание Птолемеевой астрономии, считавшей Землю неподвижным центром мироздания, а вместе с тем в корне подрывался авторитет церкви. Вся ярость деятелей церкви, и в особенности католической, во главе с папой римским, обратилась против ученых, не боявшихся открыто утверждать правоту Коперника и ложность церковных вымыслов.

17 февраля (ст. ст.) 1600 г. на одной из площадей в Риме был живым сожжен на костре великий итальянский ученый и философ Джордано Бруно. В чем же состояло преступление Бруно, которого «святая церковь» послала на самую мучительную смерть, какую только можно было придумать?

Бруно обвинили в отступлении от учения католической церкви и в том, что он был горячим, убежденным сторонником учения Коперника, а в своих взглядах на устройство Вселенной шел еще дальше, чем Коперник.

В те годы, когда жил и работал Бруно, учение Коперника имело уже много сторонников. Передовые люди разных стран Европы разделяли это учение. Но для церкви и всех, кто продолжал цепляться за ее рушившийся авторитет, Бруно был самым опасным, самым ненавистным врагом.

Великая сила Бруно была в том, что он был не только одним из самых образованных людей своего времени, но и поэтом, философом, замечательным писателем и оратором. Слово Бруно до глубины души потрясало всех, кто слушал его лекции и читал его произведения. Он вдохновенно говорил и писал о бесконечности Вселенной, наполненной бесчисленными мирами, об огромных солнцах, какими являются звезды, кажущиеся нам из-за удаленности только светящимися точками, о планетах, подобных Земле, обращающихся вокруг звезд, о живых существах, обитающих на этих планетах. И какими убогими, жалкими по сравнению с величественной картиной мироздания, которую убедительно рисовал Бруно, казались его слушателям и читателям религиозные вымыслы о Земле как о единственном обиталище живых существ, о Солнце и планетах как о спутниках Земли, о человеке, которому будто бы положено не познавать природу, а слепо верить в божественные силы!

Всю свою недолгую, но яркую жизнь Бруно посвятил борьбе за торжество науки.

Джордано Бруно выступает в защиту учения Коперника в Оксфордском университете.

(Барельеф на памятнике Бруно в Риме.)

Джордано Бруно в темнице.
(Гравюра Е. О. Бургункера.)

Бруно родился в 1548 г. на юге Италии, близ Неаполя, в религиозной семье. Еще юношей его отдали в монастырь, где он должен был стать верным слугой церкви. Но пылкий, свободолюбивый характер Бруно не мирился с монастырскими порядками. Жажда знаний, непреодолимое желание приобретать их и передавать людям были в нем сильнее всего.

Втайне от своего монастырского начальства он познакомился с учением Коперника и стал его горячим сторонником. Очень скоро служители церкви возненавидели Бруно за его любовь к науке. Уже в это время ему грозила расправа со стороны церковных властей.

Бруно ушел из монастыря и вынужден был оставить родину. Долгие годы он скитался на чужбине, но нигде ему не давали спокойно жить и работать. Преследования церкви заставляли его переезжать из страны в страну. Он жил в Швейцарии, во Франции, в Англии и в Германии. Везде он развивал кипучую деятельность: читал лекции, издавал свои книги, громил на публичных диспутах сторонников Птолемея. И любознательные люди жадно ловили вдохновенное слово Бруно, проникаясь неодолимым убеждением во всемогуществе науки.

Бруно учил, что Вселенная бесконечна, а значит, у нее и не может быть никакого «центра». Наше огромное пылающее Солнце — только одна из звезд. Каждая звезда — такое же Солнце, только очень удаленное от нас.

Бруно говорил, что ошибочно предполагать, будто только на Земле может существовать жизнь. Жизнь может быть и на других планетах солнечной системы и на невидимых для нас из-за дальности расстояний планетах, обращающихся вокруг звезд. Бруно утверждал также, что не только Земля, но и Солнце и звезды вращаются вокруг своих осей, что в солнечной системе, помимо известных уже планет, существуют и другие, которые со временем будут открыты.

Не все свои мысли и догадки Бруно мог доказать наблюдениями, потому что нельзя было в то время увидеть на небе то, что недоступно невооруженному глазу. Но Бруно не ошибался, и все его мысли впоследствии подтвердила передовая наука с помощью мощных телескопов, спектрального анализа и фотографий.

Теперь мы хорошо знаем, что Солнце — одна из звезд, и к тому же довольно скромная по размерам, что Солнце и звезды действительно вращаются вокруг своих осей.

Много времени спустя после Бруно были открыты Уран, Нептун, Плутон и множество мелких планет (астероидов), также обращающихся вокруг Солнца. А в самое последнее время выяснилось, что вокруг некоторых звезд обращаются какие-то темные тела — по всей вероятности, планеты, подобные планетам нашей солнечной системы. На целые века опережая свое время, Бруно предвидел великие завоевания современной передовой науки.

Легко представить себе, каким опасным и ненавистным врагом был Бруно для церкви вообще, а особенно для римской церкви, от расправы которой ему сперва удалось спастись.

В конце концов при помощи обмана и предательства церковь захватила Бруно в свои

руки. Это было в 1592 г. Более семи лет провел Бруно в заключении в тюремных застенках. Враги хотели во что бы то ни стало заставить его отречься от своих взглядов и убеждений.

Но Бруно не сдался. К отречению не смогли его вынудить ни пытки, ни слащавые уговоры «святых отцов», якобы заботившихся о «спасении греховной души» Бруно. Великий мыслитель был несгибаемым борцом за свое дело. И когда его приговорили к сожжению на костре, он бесстрашно бросил врагам гордые слова, сохранившиеся в веках: «Сжечь не значит опровергнуть». И, конечно, никакой костер, никакая бешеная злоба изуверов — ничто не могло опровергнуть бессмертных идей Бруно. И уже ближайшие годы после гибели Бруно принесли такие открытия в науке, которые явились прямым подтверждением учения Коперника и гениальных догадок Бруно.

ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

Прошло около десяти лет после героической смерти Бруно, и в 1610 г. по всему миру разнеслась весть о поразительных астрономических открытиях итальянского ученого Галилео Галилея.

Имя Галилея и до этого было известно ученым. Галилей прославился своими открытиями в физике и механике, но он с юных лет интересовался также астрономией и был убежденным сторонником учения Коперника.

Галилей считал, что наблюдения и опыт — вернейшее средство познания природы. Поэтому в астрономии он придавал особенное значение наблюдениям неба.

Коперник, Бруно и их современники могли увидеть на небе только то, что доступно невооруженному глазу. Галилей был первым ученым, начавшим наблюдения неба при помощи построенных им зрительных труб.

Какими крохотными были эти трубы Галилея по сравнению с современными мощными телескопами, увеличивающими изображение в тысячи раз! Первая труба, с которой Галилей начал свои наблюдения, увеличивала только в три раза. Позднее ему удалось построить трубу с увеличением в тридцать два раза. Но какими волнующими, буквально потрясавшими современников были открытия, сделанные Галилеем при помощи этих самодельных инструментов!

Каждое из этих открытий было наглядным подтверждением учения гениального Николая Коперника.

Наблюдая Луну, Галилей убедился, что на ней есть горы, равнины и глубокие впадины. А это означало, что лунная поверхность по своему устройству похожа на земную.

Галилей открыл четыре спутника Юпитера, обращающиеся вокруг этой планеты. Это открытие неопровержимо доказало, что не только Земля может быть центром обращения небесных светил.

Наблюдая солнечные пятна, Галилей обнаружил, что они перемещаются по солнечной поверхности, и сделал вывод, что Солнце вращается вокруг своей оси. После этого легко было допустить, что вращение вокруг оси свойственно всем небесным телам, а не только Земле.

Но это было еще не все.

Наблюдая звездное небо, Галилей убедился, что число звезд гораздо больше, чем может видеть невооруженный глаз.

Огромная белая полоса на небе — Млечный Путь — при рассмотрении ее в зрительную трубу отчетливо разделялась на отдельные звезды.

Так подтверждалась смелая мысль Бруно о том, что звезд-солнц — бесконечное множество, а значит, просторы Вселенной безграничны и неисчерпаемы.

Эти открытия Галилея были встречены восторженным удивлением современников. Вслед за Галилеем астрономы в разных странах начали наблюдать небо в астрономические трубы и полностью подтвердили открытия Галилея. Таким образом, для всех передовых людей становилось ясно, что правы Коперник и Бруно, что мнение о какой-то исключительной роли Земли в мироздании не выдерживает никакой критики.

Легко понять, какую бешеную злобу «отцов церкви» должны были вызвать открытия Галилея, наносившие еще более сокрушитель-

Галилео Галилей.
(Гравюра Л. Г. Ройтера.)

ный удар по религиозным вымыслам, чем в свое время вдохновенные идеи Бруно.

Передовая наука, подтвердившая правоту Коперника, была страшна для церкви. Злоба римских церковников обрушилась на всех последователей Коперника, и в первую очередь на Галилея. Специальным указом римского папы книга Коперника была изъята, а пропаганда его учения запрещена. Но Галилей не только не подчинился этому запрещению, а, наоборот, продолжал разрабатывать учение Коперника.

Много лет Галилей работал над большим трудом «Диалог о двух главнейших системах мира, Птолемеевой и Коперниковой». В этой книге, которую с огромными трудностями ему удалось издать в 1632 г., он, обобщая свои открытия, убедительно показывал безусловную правильность учения Коперника и полную несостоятельность системы Птолемея. Изданием этой книги Галилей как бы заявлял всему миру, что ему не страшны угрозы церкви, что он полон решимости до конца бороться за торжество науки против суеверия и предрассудков.

В ответ на появление этой книги римская церковь привлекла Галилея к суду инквизиции. В расправе над великим ученым «святые отцы» церкви видели единственный путь для спасения своего авторитета, разрушаемого успехами науки.

Трудно представить себе что-либо более позорное, чем судилище, перед которым пришлось предстать Галилею. Его силой заставили отречься от учения, что Земля вращается.

Осудив Галилея, инквизиция сделала все, чтобы отравить и последние годы его жизни. Он жил под домашним арестом, а постигшая его слепота не давала ему возможности продолжать заниматься наукой.

В 1642 г. Галилей умер. Замечательный физик, механик, продолжатель дела Коперника, мужественный борец за науку против религиозного суеверия и невежества — таков был этот великий ученый.

ИОГАНН КЕПЛЕР

Вскоре после смерти Коперника на основе его системы мира астрономы составили таблицы движений планет. Эти таблицы лучше согласовывались с наблюдениями, чем прежние таблицы, составлявшиеся еще по Птолемею. Но спустя некоторое время астрономы обнаружили расхождение и этих таблиц с данными наблюдений движения небесных тел.

Для передовых ученых было ясно, что учение Коперника правильно, но надо было глубже исследовать и выяснить законы движения планет. Эту задачу решил великий немецкий ученый Иоганн Кеплер.

Кеплер родился в 1571 г. в Южной Германии. В те времена Германия была раздроблена на мелкие государства; междоусобные и ре-

лигиозные войны разоряли население и препятствовали развитию культуры и просвещения.

Кеплер родился в бедной семье, и поэтому ему с большим трудом удалось окончить школу и поступить в университет в г. Тюбингене. Здесь он с увлечением занимался математикой и астрономией. Его учитель проф. Местлин втайне был последователем Коперника. Конечно, в университете Местлин преподавал астрономию по Птолемею, но дома он знакомил своего ученика с основами нового учения. И вскоре Кеплер стал горячим и убежденным сторонником теории Коперника.

В отличие от Местлина, Кеплер не скрывал своих взглядов и убеждений. Открытая пропаганда учения Коперника очень скоро навлекла на него ненависть местных богословов. Это отразилось на судьбе Кеплера: окончив университет, он вынужден был скитаться по разным городам, занимаясь случайными работами.

Возможность всецело заняться любимой астрономией открылась для Кеплера только в 1600 г., когда приехавший в Прагу знаменитый датский астроном-наблюдатель Тихо Браге предложил ему работу в качестве своего помощника для наблюдений неба и астрономических вычислений.

Незадолго перед этим Тихо Браге сам вынужден был оставить свою родину Данию и выстроенную им там обсерваторию, где он в течение четверти века вел астрономические наблюдения. Эта обсерватория была снабжена лучшими измерительными инструментами, а сам Тихо Браге был искуснейшим наблюдателем.

Когда датский король лишил Тихо Браге средств на содержание обсерватории, он уехал в Прагу. Тихо Браге с большим интересом относился к учению Коперника, но сторонником его не был. Он выдвигал свое объяснение устройства мира: планеты он признавал спутниками Солнца, а Солнце, Луну и звезды считал телами, обращающимися вокруг Земли, за которой, таким образом, сохранялось положение центра всей Вселенной.

Тихо Браге работал вместе с Кеплером недолго: в 1601 г. Тихо Браге умер. После его смерти Кеплер начал изучать оставшиеся материалы с данными долголетних астрономических наблюдений. Работая над ними, в особенности над материалами о движении Марса, Кеплер сделал замечательное открытие: он вывел законы движения планет, ставшие основой теоретической астрономии.

Иоганн Кеплер.
(Гравюра Е. О. Бургункера.)

Философы Древней Греции думали, что круг — это самая совершенная геометрическая форма. А если так, то и планеты должны совершать свои обращения только по правильным кругам (окружностям). Кеплер пришел к мысли о неправильности установившегося с древности мнения о круговой форме планетных орбит. Путем вычислений он доказал, что планеты движутся не по кругам, а по эллипсам — замкнутым кривым, форма которых несколько отличается от круга. **Первый закон Кеплера** — эллиптическое движение планет. Солнце находится не в центре эллипса, а в особой точке, называемой **фокусом**. Из этого следует, что расстояние планеты от Солнца не всегда одинаковое. Кеплер нашел, что скорость, с

которой движется планета вокруг Солнца, также не всегда одинакова: подходя ближе к Солнцу, планета движется быстрее, а отходя дальше от него — медленнее. Эта особенность в движении планет составляет второй закон Кеплера.

Уже Коперник с достаточной для его времени точностью определил расстояния планет от Солнца. Периоды обращения планет также были уже известны. Кеплер установил строгую зависимость между временем обращения планет и их расстоянием от Солнца. Оказалось, что квадраты периодов обращения любых двух планет относятся между собой как кубы их средних расстояний от Солнца. Это — третий закон Кеплера.

Читатель легко может проверить правильность этого закона. Например, среднее расстояние Юпитера от Солнца в 5,2 раза (округленно) больше, чем среднее расстояние Земли от Солнца. Продолжительность обращения Юпитера составляет 11,9 земного года. Легко убедиться, что куб первого числа и квадрат второго почти равны: $(5{,}2)^3=140{,}6$; $(11{,}9)^2=141{,}6$. Небольшая разница между ними объясняется округлениями обеих величин до десятых долей. Какие бы две планеты мы ни взяли, результат будет такой же.

Открытие законов обращения планет потребовало от Кеплера многих лет упорной и напряженной работы. Он работал, живя все время в бедности, преследуемый всесильными церковными властями. Книги Кеплера, которые он с большим трудом издавал, сжигали на кострах.

Кеплер занимался не только исследованием обращения планет, он интересовался и другими вопросами астрономии. Его внимание особенно привлекали кометы.

Подметив, что хвосты комет всегда обращены в сторону от Солнца, Кеплер высказал догадку, что хвосты образуются под действием солнечных лучей. В то время ничего еще не было известно о природе солнечного излучения и строении комет. Только во второй половине XIX в. и в XX в. было установлено, что образование хвостов комет действительно связано с излучением Солнца (см. стр. 400—402).

Кеплер умер в 1630 г. Ему принадлежит огромная заслуга в развитии наших знаний о солнечной системе. Ученые последующих поколений, оценившие значение трудов Кеплера, назвали его «законодателем неба», так как именно он выяснил те законы, по которым совершается движение небесных тел в солнечной системе.

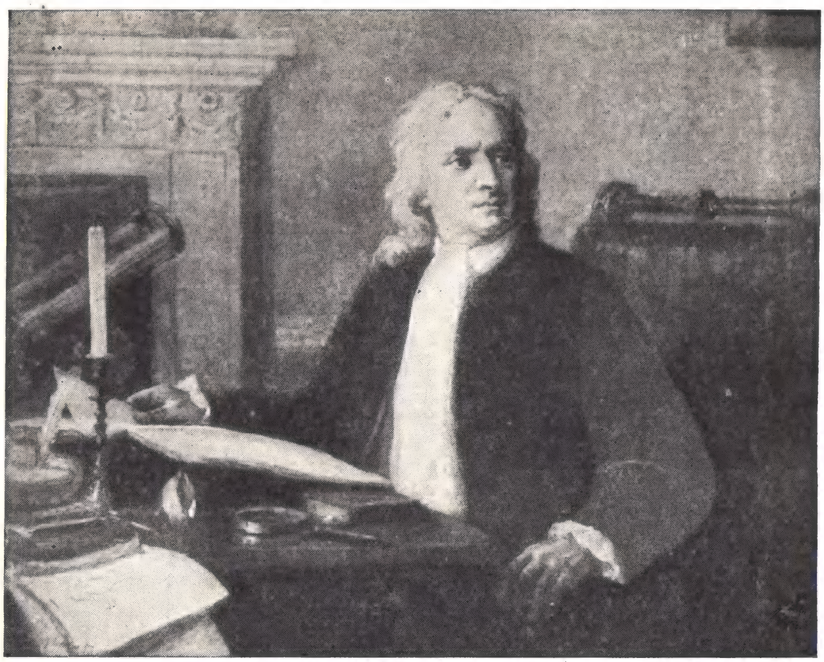
ИСААК НЬЮТОН

Коперник доказал, что планеты — в том числе и Земля — обращаются вокруг Солнца; Кеплер открыл законы, по которым совершается обращение планет; Галилей своими наблюдениями подтвердил правильность учения Коперника. Но оставалось еще неизвестным, какая причина заставляет планеты обращаться вокруг Солнца, не падая на него и не улетая в сторону; какая сила заставляет отделившиеся от поверхности Земли предметы (например, брошенный камень или ружейную пулю) падать обратно на Землю, а не улетать в пространство.

Все это стало известно лишь спустя полтора столетия после выхода трудов Коперника, когда уже давно не было в живых ни Кеплера, ни Галилея.

В конце XVII в. гениальный английский ученый Исаак Ньютон открыл и обосновал закон всемирного тяготения, объяснивший все эти явления. Развивавшийся в ряде стран, в особенности в Голландии и Англии, капитализм предъявлял все бо́льшие требования к технике и точным наукам. Система Коперника была признана многими передовыми учеными. И церковь, при всей своей вражде к передовой науке, вынуждена была ослабить борьбу против нее. Поэтому Ньютону не пришлось разделить трагической судьбы Бруно, Галилея и Кеплера.

Ньютон родился в 1643 г. в одном из провинциальных английских городов — Вулсторпе. В детстве он не испытывал склонности к науке, но в юности у него обнаружились исключительные математические способности. В 1661—1665 гг. Ньютон учился в Кембриджском университете — одном из лучших университетов Англии. В 1669 г. он был уже профессором математики этого университета. В 1696 г. он переехал в



Исаак Ньютон.
(Репродукция с картины И. М. Гурвича.)

Лондон, в котором жил до самой смерти. Скончался Ньютон в 1727 г. на 85-м году жизни, будучи всемирно известным ученым.

Ньютон обогатил своими открытиями все основные области точных наук — математику и механику, физику и астрономию. И прежде астрономия не могла развиваться без помощи математики, но теперь развитие астрономии наряду с развитием физики и техники предъявляло повышенные требования к математике.

Ньютон почти одновременно с немецким ученым Лейбницем создал важнейшие разделы высшей математики — дифференциальное и интегральное исчисления.

Он внес важнейший вклад в физику: открыл сложный состав белого цвета. Оказалось, что белый солнечный луч представляет собой «смесь» многих цветов. Ньютон доказал, что при помощи призмы белый цвет можно разложить на составляющие его цвета или вновь собрать их в белый цвет. Это открытие впоследствии легло в основу спектрального анализа, который со второй половины XIX в. оказал неоценимые услуги астрономии: с его помощью оказалось возможным узнать химический состав и физическую природу далеких небесных тел.

Ньютон построил отражательный телескоп, или рефлектор, в котором, в отличие от трубы Галилея, лучи света от наблюдаемого предмета собираются при помощи зеркала, а не линзы. Вообще Ньютон очень много сделал для развития оптики — важнейшего отдела физики, занимающегося изучением световых явлений.

Но самым замечательным из всех открытий Ньютона было открытие **з а к о н а в с е м и р н о г о т я г о т е н и я**, управляющего движением небесных тел.

Ньютон упорно размышлял над вопросами: почему Луна, обращаясь по своей орбите вокруг Земли, не падает на нее и не улетает в сторону? Почему в то же время «земные предметы», отделившись от Земли, неизбежно снова на нее падают?

Ньютон пришле к выводу, что между всеми телами существует взаимное притяжение (которое он назвал «тяготением»), что сила этого притяжения зависит от масс притягивающихся тел и расстояния между ними. Эта зависимость определяется следующим образом: сила притяжения (тяготения) прямо пропорциональна массам притягивающихся тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Тогда сразу стало понятно, что Луну на ее орбите удерживает сила земного притяжения, а планеты, в том числе и Землю, на их орбитах удерживает сила солнечного притяжения. И всегда тяготение действует именно так, как доказал Ньютон: в зависимости от масс тел и расстояния между ними.

Во времена Ньютона еще не было возможности проверить, действует ли этот закон далеко за пределами солнечной системы, в мире звезд. Значительно позже, когда были открыты двойные звезды — звездные «пары», в которых одна является «главной» звездой, а другая ее «спутником», удалось установить, что и здесь, в звездном мире, также действует закон Ньютона. Выяснилось, что закон тяготения действует не только в солнечной системе, но и в отдаленнейших глубинах Вселенной. Вот поэтому его и назвали законом всемирного тяготения (стр. 356).

Открытие закона всемирного тяготения дало возможность решить такие задачи, которые раньше считались неразрешимыми. С помощью вычислений, основанных на применении закона тяготения, ученые определили массы Солнца, Луны, Земли, планет солнечной системы и их спутников. Было доказано, что Земля не является правильным шаром, а имеет «полярное сжатие», т. е. сплюснута у полюсов, что и было подтверждено измерениями Земли.

После великого открытия Коперника и трудов Галилея и Кеплера открытие закона всемирного тяготения, сделанное Ньютоном, было новой замечательной победой науки.

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

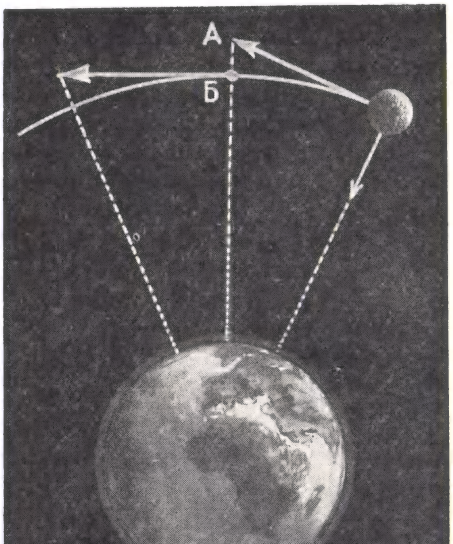
Иоганн Кеплер дал общую картину движения планет и исследовал форму их орбит, но выяснить причину движения планет ему не удалось.

Кеплер сравнивал Солнце с гигантским магнитом и склонялся к мысли, что планеты движутся по своим орбитам под влиянием магнитного действия Солнца. По этому поводу различные предположения высказывали и другие ученые. Правильное объяснение этого движения дал гениальный английский математик, физик, астроном и механик Исаак Ньютон. Ознакомимся более подробно с великим открытием Ньютона.

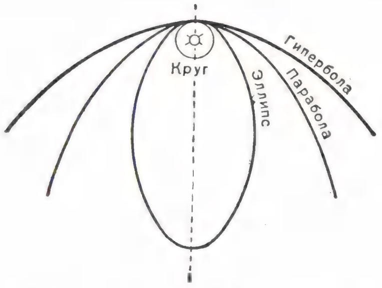
Для выяснения причин движения планет Ньютон использовал закон инерции и законы Кеплера. Согласно закону инерции, всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, пока какая-либо сила не выведет его из этого состояния. Ньютон нашел, что сила тяготения обратно пропорциональна квадрату расстояния. Это значит, что если бы, например, расстояние между Землей и Луной увеличилось в два раза, то сила тяготения между ними уменьшилась бы в два в квадрате раза ($2^2=2\times2$), т. е. в четыре раза; с увеличением расстояния в три раза сила тяготения уменьшилась бы в три в квадрате раза ($3^2=3\times3$), т. е. в девять раз, и т. д.

Это было доказано Ньютоном не только теоретически, но и посредством сравнений с результатами опыта. Известно, что свободно падающее тело (например, тело, падающее в длинной стеклянной трубке, из которой выкачан воздух) у самой земной поверхности за первую секунду проходит 4,9 *м*. Луна, как было уже известно Ньютону, находится от центра земного шара на расстоянии 60 земных радиусов, т. е. в 60 раз дальше, чем тело, находящееся на земной поверхности. Поэтому, свободно падая по направлению к Земле, она должна проходить в первую секунду не 4,9 *м*, а в шестьдесят в квадрате раз ($60^2=3600$) меньшее расстояние, т. е. 1,36 *мм*. Следовательно, Луна, по теории Ньютона, должна была бы падать по направлению к Земле, проходя в первую секунду путь, равный приблизительно 1,36 *мм*.

Таким образом, Ньютон нашел, что сила земного притяжения действительно смещает Луну с ее прямолинейного пути (пути движения по инерции) за каждую секунду на 1,36 *мм*. Он нашел, что эти два движения (одно — под действием силы тяготения к Земле, другое — по инерции) складываются и в результате дают криволинейное



Если бы Земля не притягивала Луну, последняя улетела бы в мировое пространство по направлению к точке А. Но вследствие притяжения Земли Луна отклоняется от прямолинейного пути, все время «падая» на Землю. Луна движется по некоторой дуге в направлении к точке Б.



Кометы движутся по орбитам, имеющим форму эллипсов, парабол и гипербол.

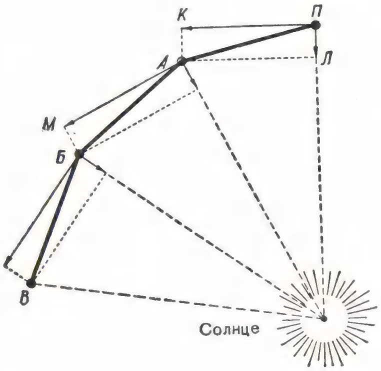


Схема движения планеты под действием притяжения Солнца:
П — планета; *ПК* — путь планеты, если бы она двигалась прямолинейно и равномерно (по закону инерции); *ПЛ* — путь планеты, если бы у нее не было собственной скорости и она испытывала бы только притяжение Солнца; *ПА* — путь, по которому планета движется в действительности. Ломаная линия *ПАБВ* схематично показывает путь движения планеты.

движение Луны вокруг Земли.

Оказалось, что закон тяготения определяет не только движение Луны, но и движение всех небесных тел в солнечной системе.

Это исследование протекало у Ньютона не совсем гладко. Так как планеты представляют собой гигантские шарообразные тела, то очень трудно было определить, как они притягиваются между собой. В конце концов Ньютону удалось доказать, что шарообразные тела взаимно притягиваются так, как если бы вся их масса была сосредоточена в их центрах.

Кроме того, для нахождения соотношения расстояний от центра земного шара до тел, находящихся на земной поверхности, и до Луны требовалось точное знание длины радиуса Земли. Но размеры Земли тогда еще не были точно определены.

Для своих вычислений Ньютон воспользовался неточной, как потом выяснилось, величиной радиуса земного шара, данной голландским ученым Снеллиусом. Получив неверный результат, Ньютон с горечью отложил эту работу.

Только через 18 лет Ньютон опять возвратился к своим вычислениям. Поводом к этому послужило сообщение в английском Королевском обществе [1] известного французского астронома Пикара, более точно определившего величину земного радиуса. Использовав данные Пикара, Ньютон с большим воодушевлением принялся за свои отложенные вычисления; он заново проделал всю работу и доказал правильность своего предположения.

Но и после этого Ньютон долго не опубликовывал своего выдающегося открытия. Он старался всесторонне его проверить, применяя выведенный им закон к движению планет вокруг Солнца и к движению спутников Юпитера и Сатурна. И всюду он получал согласие наблюдаемых данных с теорией. Ньютон применил этот закон к движению комет и доказал, что эти тела движутся или по очень вытянутым эллипсам, или по разомкнутым кривым — параболам.

За это же время Ньютон написал большое сочинение по механике. Основываясь на законе тяготения, он сравнил массы Солнца, Земли и планет и дополнил этот закон новым положением: сила тяготения двух тел зависит не только от расстояния между ними, но и от их масс. Ньютон доказал, что сила тяготения двух тел прямо пропорциональна их массам, т. е. она тем больше, чем больше массы взаимно притягивающихся тел. Закон тяготения Ньютона нашел применение во всех случаях движения небесных и земных тел, и потому за ним закрепилось название закона всемирного тяготения.

Земные тела также взаимно притягивают друг друга. Это обнаруживается при очень точных опытах.

Притягиваются между собой и люди. Известно, что два человека, отстоящие друг от друга на один метр, взаимно притягиваются с силой, равной приблизительно одной сороковой доле миллиграмма. Человек, находящийся на поверхности Земли, притягивает ее с силой, равной его весу.

Открытие Ньютона привело к созданию новой картины мира, согласно которой в бесконечном пространстве с громадными скоростями движутся планеты, находящиеся друг от друга на колоссальных расстояниях, но вместе с тем благодаря силе взаимного притяжения они связаны в одну систему.

Закон всемирного тяготения — великий и вечный закон природы. В окончательном виде его можно сформулировать так: *всякое тело притягивает другое тело с силой, прямо пропорциональной массам этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.*

[1] Королевское общество — английская Академия наук.

Математически закон всемирного тяготения выражается следующей формулой:

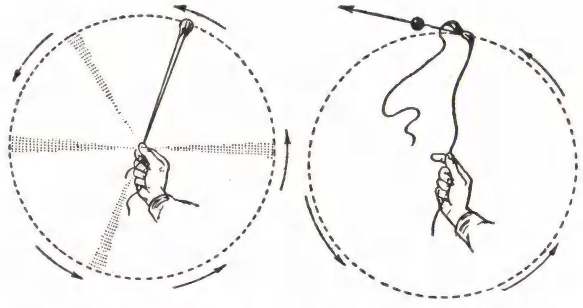
$$F = f\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

где f — коэффициент пропорциональности; m_1 и m_2 — массы двух тел; r — расстояние между ними.

Солнце удерживает планеты на их орбитах своим притяжением. Если бы этого не было, то планета *П* (рис. на стр. 357), двигающаяся, например, в направлении *ПК*, двигалась бы прямолинейно и равномерно (по закону инерции). В первую секунду она переместилась бы из точки *П* в точку *К* и наконец покинула бы нашу солнечную систему. Наоборот, если бы планета не имела собственной скорости и испытывала бы только притяжение к Солнцу, то она в первую секунду переместилась бы из точки *П* в точку *Л*. Но так как планета одновременно и притягивается к Солнцу и движется, то она будет перемещаться по направлению *ПА*. Следовательно, планета в конце первой секунды не будет ни в точке *К*, ни в точке *Л*, а переместится по диагонали в точку *А*. Рассуждая подобным же образом, мы придем к выводу, что планета во вторую секунду переместится в точку *Б*, в третью — в точку *В* и т. д.

Вот, оказывается, какие силы удерживают планеты, в том числе Землю, на своих орбитах и заставляют их двигаться вокруг Солнца.

Многим из вас, вероятно, приходилось, держа в руке один конец шнурка, заставлять вращаться камешек, привязанный к другому концу шнурка. При вращении шнурок все время находится в состоянии натяжения, но



Если вращать шнур с грузом на конце, то шнур будет натянут. Но стоит отпустить его, как груз улетит прочь. То же самое произошло бы с Землей, если бы сила тяготения Солнца перестала действовать.

если он вдруг вырвется из рук, то сейчас же вместе с камешком улетит прочь. Нечто подобное произошло бы и с планетами, в том числе и с Землей, если бы Солнце вдруг перестало их притягивать. Но этого не может быть, так как притяжение — неотъемлемое свойство материи, неотъемлемое свойство Солнца, Земли и всех других тел. Поэтому притяжение Солнца не может быть приостановлено. Сила тяготения Солнца действует непрерывно, постоянно, и, следовательно, планетам не могут угрожать подобные катастрофы. Солнце своей силой притяжения все время удерживает планеты в среднем на одном и том же расстоянии, подобно тому как натяжение шнурка удерживает камешек.

Открытием закона всемирного тяготения была окончательно завершена победа новой астрономии и заложено начало новой отрасли астрономии — **небесной механики**, изучающей движение планет в зависимости не только от притяжения Солнца, но также и от их взаимного тяготения друг к другу.

Свои основные выводы Ньютон изложил в большом труде, который был опубликован в 1687 г. под названием «Математические начала натуральной философии». Этот выдающийся труд Ньютона был издан у нас на русском языке в 1915 г. в переводе академика А. Н. Крылова.

Закон всемирного тяготения применим не только для изучения движения планет, он также применим для исследования движения комет, звезд и других небесных тел. Так, например, на основании этого закона известный английский ученый Галлей еще в конце XVII в. предсказал появление в 1759 г. кометы, именуемой с тех пор кометой Галлея.

Разница между теоретически вычисленным и непосредственно наблюдаемым положением планеты Уран давала повод высказывать сомнения в универсальности закона всемирного тяготения. Петербургский астроном Лексель, наоборот, высказал мысль, что это вызывается притяжением Урана какой-то еще неизвестной планетой. В 1842 г. Гёттингенская академия наук объявила даже премию за математическую разработку теории движения Урана.

За решение этой задачи взялись французский астроном Урбен Леверье (1811—1877) и английский ученый Дж. Адамс (1819—1892).

В результате сложнейших вычислений оба они пришли к выводу, что существует большая планета, отстоящая от Солнца значительно дальше, чем Уран, и указали, где на небе в данное время искать эту планету.

Адамс передал свои вычисления профессорам, которые не придали им должного значения и оставили их без внимания. Леверье же

сразу сообщил свои вычисления немецкому астроному Галле. В сентябре 1846 г. Галле получил письмо от Леверье и в тот же вечер при помощи телескопа открыл планету Нептун за Ураном почти в том месте, на которое указывали вычисления Леверье.

Открытие Нептуна служит ярким примером обоснованности научных предвидений. И здесь уместно вспомнить слова В. И. Ленина: «Чудесное пророчество есть сказка. Но научное пророчество есть факт».

В 1842 г. известный немецкий астроном Ф. Бессель (1784—1846), исследуя на основании закона всемирного тяготения неправильности в движении звезды Сириус, пришел к выводу, что у этой звезды имеется невидимый спутник, «заставляющий» ее двигаться по некоторой винтообразной кривой. И действительно, в 1862 г. при помощи мощного телескопа был открыт спутник Сириуса, и притом как раз в том месте, какое указывалось вычислениями Бесселя. Это был новый триумф закона всемирного тяготения. Была доказана его истинность не только для солнечной системы, но и для всех звездных систем.

КАК РАБОТАЮТ АСТРОНОМЫ

НАБЛЮДЕНИЯ В ТЕЛЕСКОП

Темная ночь. Высоко в небе сияют звезды, и при их слабом свете едва видны очертания круглого купола башни астрономической обсерватории. Время от времени купол медленно поворачивается, и мы видим в нем темную прорезь или люк, в котором на мгновение может сверкнуть стеклянный глаз телескопа.

Поднимемся в темноте по узенькой лесенке башни и войдем под купол. Там на середине круглой площадки мы увидим чугунную колонну, на которой укреплена легко поворачивающаяся во все стороны длинная труба телескопа. На переднем ее конце, обращенном к небу, укреплено большое двояковыпуклое стекло — линза, или о б ъ е к т и в, собирающий свет небесных тел в окуляре, находящемся у нижнего конца телескопа. О к у л я р — это особое увеличительное стекло, представляющее собой систему линз. В него непосредственно смотрит наблюдатель. Объективом свет собирается в одной точке, называемой ф о к у с о м. Именно в фокусе и получается изображение рассматриваемого светила.

Чем выше над землей, тем воздух разреженнее, чище и прозрачнее и тем лучше наблюдать небесные светила; поэтому обсерватории обычно строят за городом или на горах, чтобы наблюдениям не мешали городской свет, дым и пыль, заполняющие нижние слои атмосферы.

Однако даже над горами воздух часто бывает недостаточно спокойным. Лучи света от небесных тел проходят сквозь воздушные струйки и постоянно отклоняются ими. Вот почему звездочка, видимая в телескоп, иногда дрожит и колеблется, а маленькие изображения далеких планет, на которых так хочется что-либо рассмотреть, превращаются в как бы размытые световые пятна. Воздушные струйки — враги астронома. Они резко ограничивают увеличение, даваемое телескопом. Чем сильнее увеличивает телескоп, тем более заметны в нем волнения воздуха. Поэтому планеты рассматривают с увеличением не больше чем в 500—600 раз, хотя современные крупные телескопы могли бы увеличивать в десятки тысяч раз.

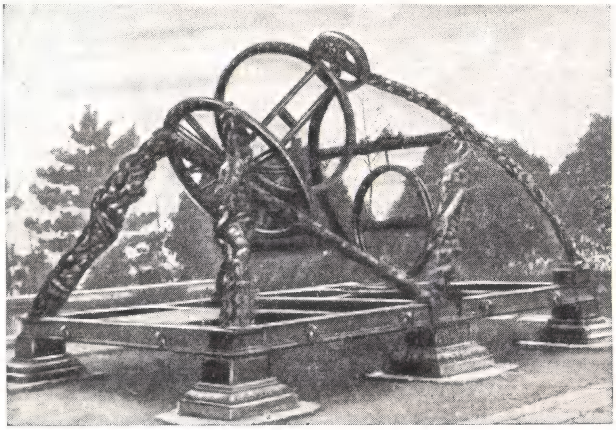
Большие телескопы строят так, чтобы при том же увеличении они собирали больше света.

Приложите глаз к окуляру — астроном вам показывает Луну. Но почему же виден только маленький участок ее, а не вся она? Потому, что чем сильнее увеличение, тем меньший «уголок» неба виден в телескоп.

Что это? Почему-то Луна быстро уходит из поля зрения — из того уголка неба, который виден в телескоп. Происходит это потому, что за время нашего наблюдения земной шар, вращаясь вокруг своей оси, успел немного повернуться, а вам кажется, что вертится небо и Луна уходит со своего места. В телескопе благодаря увеличению это вращение кажется еще более быстрым.

Но вот Луна перестала уходить из поля зрения — это астроном включил часовой механизм, который стал поворачивать телескоп с той же скоростью, с какой вращается земной шар, только в направлении, противоположном вращению Земли.

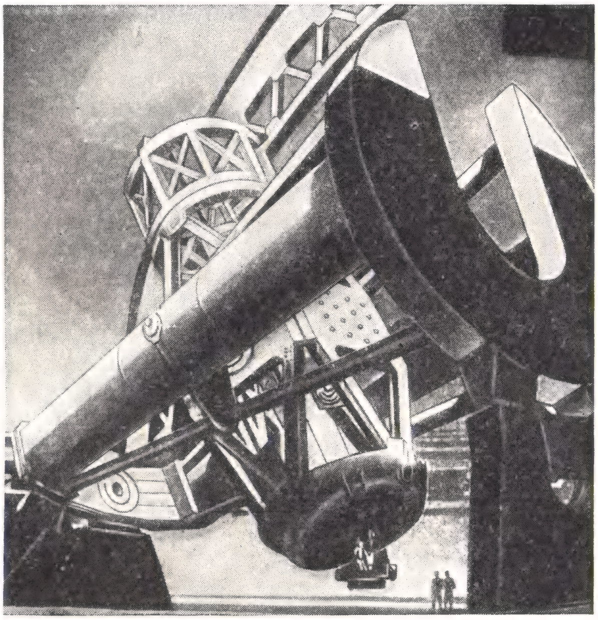
С каждым часом Луна все ближе к горизонту, все выше поднимается нижний конец направленного на нее телескопа. Вот уже не дотянуться до окуляра и на цыпочках. Приходится поль-



Древний китайский измерительный инструмент для определения положения звезд на небе.

зоваться специальной лесенкой. В больших обсерваториях пол сделан так, что он при помощи механических устройств может плавно подниматься или опускаться. Для этого наблюдателю достаточно нажать кнопку. Так же при помощи механизмов передвигается и купол башни. В маленьких башнях купол поворачивают рукой.

Не сразу, не в один день придуманы все эти приспособления, облегчающие работу астрономов. Техника современной обсерватории создана трудом многих поколений.



200-дюймовый рефлектор (США, обсерватория Маунт-Паломар).

В Китае обсерватории строились за много веков до н. э. Правда, тогда не было еще телескопов, но уже имелись большие измерительные инструменты для определения положения звезд на небе.

На территории нашей страны, около Самарканда, сохранились остатки замечательной обсерватории XV в., построенной Улуг-беком. По ним можно представить себе, какие задачи ставили самаркандские исследователи неба, как развивались методы исследования небесных светил. Самаркандские астрономы составили точные списки положения звезд на небе.

Много труда затратили люди на то, чтобы научиться отливать большие и прозрачные стекла нужного сорта и придавать им ту точную форму, которая требуется для получения отчетливых изображений в астрономических приборах.

Телескоп был изобретен давно, еще в 1608 г., но и сейчас еще не научились изготовлять телескоп с передним стеклом — объективом — больше одного метра в поперечнике. В р е ф р а к т о р — телескоп с объективом — из-за особого свойства стекла светила видны окруженными слабой цветной каймой. Эта кайма очень мешает наблюдениям. Чтобы избежать этого, придумали другой вид телескопа — р е ф л е к т о р, в котором свет собирает не выпуклое стекло, а вогнутое зеркало. Рефлектор изобрел гениальный английский ученый

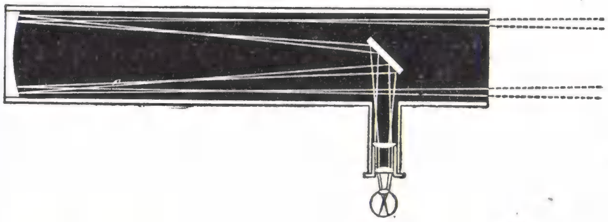


Схема телескопа-рефлектора. Слева — вогнутое зеркало, собирающее лучи и дающее отражение вниз, где находится глаз наблюдателя.

И. Ньютон (см. стр. 354). В рефлекторе зеркало помещают в нижнем конце телескопа. Зеркало отражает лучи и собирает их у верхнего конца трубы, где и помещается наблюдатель. Обычно при помощи дополнительного маленького зеркала эти сходящиеся лучи отражают вбок или даже назад. В последнем случае лучи выходят из трубы сквозь отверстие в большом зеркале. При таком устройстве наблюдатель

находится ближе к полу и не загораживает своей головой свет, идущий в телескоп. Недостатком рефлектора является то, что в него виден лишь небольшой участок неба. Наибольший телескоп такого рода, установленный в Калифорнии, имеет 5 *м* в поперечнике. При помощи его можно фотографировать звезды до 23-й звездной величины.

В годы Великой Отечественной войны советский изобретатель Д. Д. Максутов разрешил задачу, над которой долго думали изобретатели многих стран: он сконструировал телескоп, который соединяет в себе достоинства рефрактора и рефлектора и в то же время не имеет их недостатков. Максутов взял вогнутое зеркало и перед ним, на верхнем конце трубы, поставил выпукло-вогнутое тонкое стекло, называемое мениском (часто стекла для очков делаются в форме подобных менисков).

Каждый телескоп требует особой формы зеркал и стекол, но для менискового телескопа изготовление того и другого особенно просто.

По системе Максутова на советских заводах изготовлены школьные телескопы размером немного больше бинокля, но дающие такое же увеличение, как рефрактор длиной почти в метр. Они увеличивают наблюдаемый предмет в 50 раз, тогда как бинокли имеют обычно увеличение лишь от 2 до 8 раз.

Много различных новых астрономических приборов придумали и построили как у нас, так и за рубежом. Теперь изготовляют, например, особые плоские зеркала для отражения солнечных лучей, автоматически поворачивающиеся вслед за Солнцем; делают большие телескопы разных систем и много других вспомогательных приборов для наблюдений за небесными телами.

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ ЗВЕЗД

Если вам удастся побывать на обсерватории, то вы, вероятно, удивитесь, узнав, что в большинство телескопов смотреть не нужно. Глаза наблюдателей там давно заменила фотографическая пластинка. На ней получают «портреты» небесных светил и целых участков неба. На одном снимке можно сразу увидеть десятки тысяч звезд. Вместо того чтобы тратить много часов на изучение каждой из этих звезд по очереди, сидя, например, зимой на морозе в башне, эти снимки изучают в теплой комнате, сравнивая фотографии, снятые в разное время. Так астрономы узнают об изменениях, происходящих в расположении звезд, их яркости, движении в пространстве. С помощью фотографических снимков определяют расстояние до звезд и выясняют причины изменения блеска некоторых из них.

Для удобства сравнения снимков их рассматривают попарно в приборе, похожем на стереоскоп, или в других приборах, где снимки видны поочередно, быстро, один за другим. На обсерваториях целые шкафы заполнены снимками звезд, полученными за многие годы.

Чтобы установить движение какой-либо далекой звездочки, несущейся со скоростью в несколько десятков километров в секунду, надо сравнить снимки, сделанные с промежутком времени в несколько десятилетий. На двух

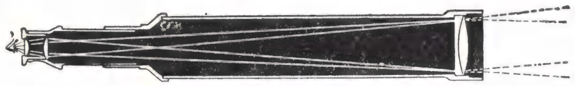
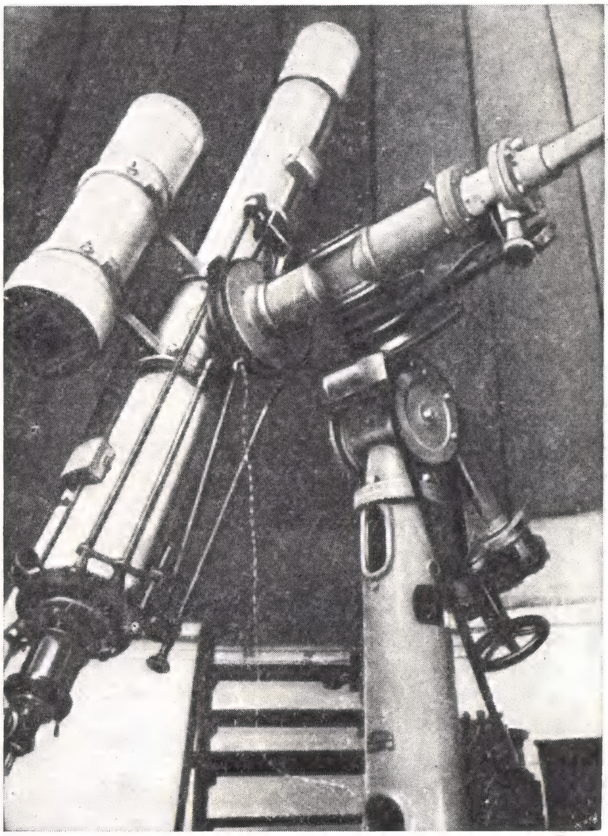


Схема телескопа-рефрактора. Справа — линза объектива, собирающая лучи. Слева — система линз, преломляющая лучи.



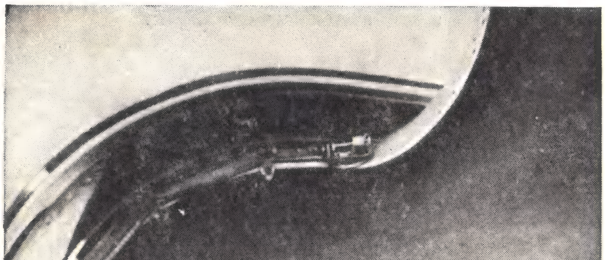
Телескоп-рефрактор.

таких снимках положение звезды, изучаемое под микроскопом, будет различаться на несколько сотых или даже тысячных долей миллиметра.

Вот какие крохотные величины измеряют астрономы, чтобы определить огромные скорости движения гигантских небесных тел!

Результаты таких измерений нужно еще подсчитать. Для этого служат электрические машины — арифмометры; они сами умножают и делят большие числа, если нажать на них нужные кнопки.

Есть на обсерваториях приборы, которыми точно измеряют силу света звезд и даже получаемое от них тепло. Какая это сложная и требующая огромной точности работа, можно себе представить по следующему примеру: гигантская звезда Бетельгейзе в созвездии Ориона посылает на Землю столько тепла, что если собирать его в течение года при помощи вогнутого зеркала диаметром в 2,5 *м*, то им можно было бы нагреть наперсток воды всего лишь на один градус. Так велико расстояние до этой звезды.



Менисковый телескоп системы Д. Д. Максутова, находящийся в Пулковской обсерватории.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Когда солнечный луч проходит через стеклянную трехгранную призму, он разбивается на составные части — лучи всех цветов радуги.

Свет, разложенный на его составные части, называется спектром, а прибор для получения и рассматривания спектров — спектроскопом.

Радуга, сверкающая после дождя на небе,— это и есть спектр Солнца, образованный капельками воды, находящимися в воздухе. Но спектроскоп дает спектр Солнца чище, а кроме того, в нем на фоне радужной полоски видны пересекающие ее в разных местах спектра многочисленные темные линии.

Раскаленная нить электрической лампочки, пламя свечи и расплавленный металл тоже дают спектр в виде радужной полоски, но в таких полосках спектра темных линий не видно. Спектры разреженных газов, например светящихся в трубках, которыми теперь стали украшать вывески и витрины магазинов, имеют вид цветных линий на темном фоне.

Ученые установили, что каждое вещество, находящееся в состоянии светящихся паров или газов, дает в спектре свои собственные, всегда одни и те же цветные линии.

Например, пары металла натрия всегда дают в спектре одну и ту же яркую желтую линию, т. е. свет натрия состоит из одних лишь желтых лучей. Натрий входит в состав поваренной соли. Внесите на кончике перочинного ножика крупинки соли в пламя свечи, и оно окрасится в желтый цвет. Спектры других веществ состоят из большого числа иных линий разного цвета. По положению таких линий в спектре сложного вещества можно узнать его состав. Если составные части этого вещества, превратившись в пар, засветятся, то каждое из них заявит о себе в спектре определенными цветными линиями. Так по спектру выясняют химический состав газов.

КАК УЗНАЮТ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

С помощью спектрального анализа ученые точно узнали химический состав звезд, комет и туманностей—огромных масс разреженного газа.

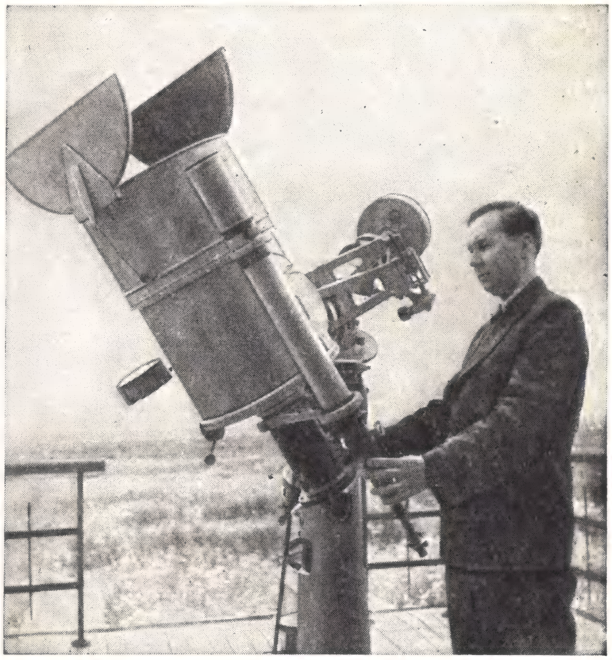
Это открытие ученых было торжеством материалистической науки, доказавшей ошибочность утверждений некоторых философов прошлого века, что человеческое познание ограниченно и люди никогда не смогут узнать химический состав небесных светил.

Однако вернемся к загадочному спектру Солнца, перерезанному темными линиями, и к похожим на него в этом отношении спектрам звезд. Тайна этих темных линий выяснилась, когда между спектроскопом и пламенем свечи, дающей спектр в виде радужной полоски без линий, поместили газ, более холодный, чем пламя. В радужной полоске спектра появились темные линии, причем в тех самых частях спектра, где этот газ сам по себе давал бы в спектре цветные линии. Оказалось, что газ поглощает из состава спектра более горячего источника света (в данном опыте — свечи) те самые лучи, которые он сам излучает в раскаленном состоянии. Отсюда ученые сделали вывод, что раскаленные поверхности Солнца и звезд дают спектры в виде радужных полосок, но эти поверхности окружены менее раскаленными и разреженными газами, которые и вызывают появление в спектре темных линий. Эти газы образуют вокруг Солнца и звезд атмосферы, химический состав которых можно узнать по темным линиям спектра. Заметим, что поверхности Солнца и звезд хотя и дают такой же спектр, как жидкие и твердые раскаленные тела, но состоят из раскаленных газов, более плотных, чем окружающие их атмосферы.

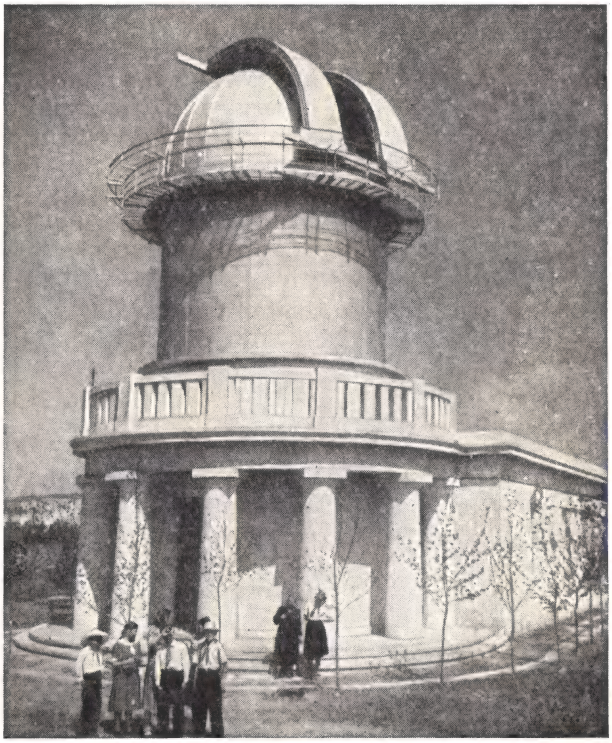
Спектры светил говорят нам не только об их химическом составе. В них можно «прочитать» еще многое, если изучить «спектральную грамоту». Например, у сравнительно холодного тела самой яркой оказывается красная часть спектра. Чем тело горячее, тем менее ярки красные лучи в его спектре по сравнению с остальными и тем белее его цвет. Так ученые определяют температуру звезд по их цвету, или спектру.

Уже давно ученые высказывали предположение, что, когда источник света движется относительно наблюдателя, линии в его спектре должны немного смещаться: при приближении источника света линии должны смещаться в сторону фиолетового конца спектра, и тем больше, чем больше скорость движения источника света; при удалении они должны смещаться к красному концу спектра.

Русский ученый акад. А. А. Белопольский (см. стр. 486) при помощи очень сложных и точных опытов подтвердил, что линии спектра



Зеркально-линзовый телескоп системы Г. Г. Слюсарева для фотографирования звезд и туманностей.



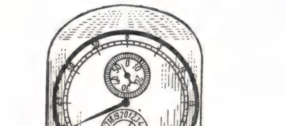
Башня большого солнечного телескопа Крымской астрофизической обсерватории Академии наук СССР.

Радиотелескоп в Пулкове.

действительно смещаются именно таким образом. После этого стало возможным уверенно определять по спектру скорость и направление движения небесных тел, а в связи с этим ученые сделали много и других интересных открытий, о которых рассказывается в других статьях этого тома.

Хотя на фотографиях спектры не получаются цветными, но ученые теперь уже хорошо знают, какому именно цвету соответствует то или другое место на черно-белой фотографии спектра. Для изучения светил применяются в наше время различно устроенные радиотелескопы, регистрирующие излучение радиоволн некоторыми небесными телами.

Прежде чем астроном из своих наблюдений сделает вывод, ему обычно приходится производить много разных измерений и вычислений.



Часы для хранения точного времени.

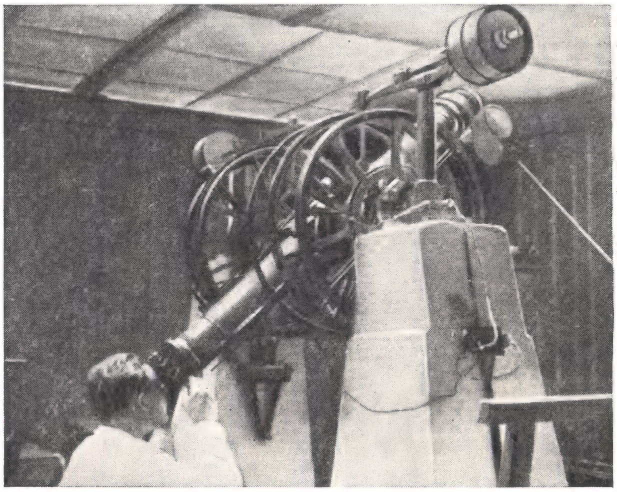
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ

На обсерваториях есть инструменты, при помощи которых определяют точнейшим образом время — проверяют часы. Время устанавливают по положению, занимаемому светилами над горизонтом. Для того чтобы часы обсерватории шли как можно точнее и равномернее в промежутке между вечерами, когда их проверяют по положению звезд, часы помещают в глубокие подвалы. В таких подвалах круглый год сохраняется постоянная температура. Это очень важно, так как изменения температуры влияют на ход часов.

Для передачи сигналов точного времени по радио на обсерватории имеется специальная сложная часовая, электрическая и радиоаппаратура. Передаваемые из Москвы сигналы точного времени — одни из самых точных в мире. Определение точного времени по звездам, хранение времени при помощи точных часов и передача его по радио — все это составляет Службу времени.

ГДЕ РАБОТАЮТ АСТРОНОМЫ

Научную работу астрономы ведут на обсерваториях и в астрономических институтах.



Меридианный круг — инструмент для определения точных положений звезд.

Пулковская обсерватория.

Последние занимаются главным образом теоретическими исследованиями.

После Великой Октябрьской социалистической революции в нашей стране были созданы Институт теоретической астрономии в Ленинграде, Астрономический институт им. П. К. Штернберга в Москве, астрофизические обсерватории в Армении, Грузии и ряд других астрономических учреждений.

Подготовка и обучение астрономов происходит в университетах на механико-математических или физико-математических факультетах.

Главная обсерватория в нашей стране — Пулковская. Она была построена в 1839 г. вблизи Петербурга под руководством крупнейшего русского ученого В. Я. Струве (см. стр. 472). Во многих странах ее справедливо называют астрономической столицей мира.

Симеизская обсерватория в Крыму после Великой Отечественной войны была полностью восстановлена, а недалеко от нее выстроена новая обсерватория в селе Партизанском под Бахчисараем, где теперь установлен крупнейший в СССР телескоп-рефлектор с зеркалом диаметром в 1¼ *м*, а скоро будет установлен рефлектор с зеркалом диаметром в 2,6 *м* — третий по величине в мире. Обе обсерватории теперь составляют одно учреждение — Крымскую астрофизическую обсерваторию Академии наук СССР. Астрономические обсерватории есть в Казани, Ташкенте, Киеве, Харькове и других местах.

На всех обсерваториях у нас ведется научная работа по согласованному плану. Достижения астрономической науки в нашей стране помогают широким слоям трудящихся выработать правильное, научное представление об окружающем нас мире.

Много астрономических обсерваторий существует и в других странах. Из них наиболее известны старейшие из существующих — Парижская и Гринвичская, от меридиана которой ведется счет географических долгот на земном шаре (недавно эта обсерватория перенесена на новое место, дальше от Лондона, где много помех для ночных наблюдений неба). Самые крупные в мире телескопы установлены в Калифорнии на обсерваториях Маунт-Паломар, Маунт-Вильсон и Ликской. Последняя из них построена в конце XIX в., а первые две — уже в XX в.

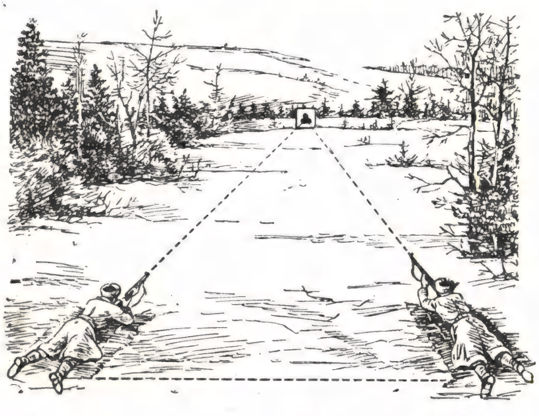
Симеизская обсерватория (часть Крымской астрофизической обсерватории Академии наук СССР).

КАК ИЗМЕРЯЮТ РАССТОЯНИЕ ДО НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ

Много веков прошло, прежде чем люди убедились в том, что ежесуточные и годичные изменения в видимом расположении светил относительно друг друга и горизонта происходят не потому, что вся Вселенная вращается вокруг Земли, и не потому, что Солнце будто бы обегает Землю. Оказалось, что причиной этих перемещений является движение самой Земли, прежде всего вокруг своей оси и вокруг Солнца. Только поняв это, люди смогли подойти к определению истинных расстояний до небесных светил, размеров светил и их движений.

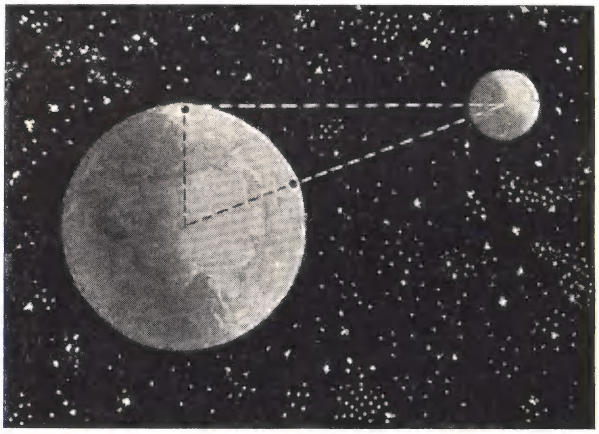
Расстояние до небесных светил астрономы определяют подобно тому, как артиллеристы определяют расстояние до цели. Для этого применяются разные приборы (например, дальномеры), но сущность всех этих способов одна и та же.

Предмет, расстояние до которого надо определить, рассматривают одновременно с двух разных мест, откуда он бывает виден по разным направлениям. Если два человека, стоящие на расстоянии 10 *м* друг от друга, будут целиться из ружей в один и тот же предмет, удаленный от них на 100 *м*, то их ружья не будут параллельны друг другу, как параллельны друг другу рельсы железных дорог. Ружья стрелков образуют между собой угол, который будет тем меньше, чем дальше находится цель.



Можно вычислить расстояние до мишени, если известны расстояние между стрелками и угол, под которым они видят мишень. Подобным же способом астрономы измеряют расстояние до небесных светил.

Зная расстояние между наблюдателями и угол между направлениями, под которым они видят цель, можно высчитать расстояние до нее. Это делается при помощи того отдела математики, который называется тригонометрией. Ученые тоже «целятся» на звезды, но не ружьями, а телескопами. Угол между на-



Астрономы определили расстояние до наиболее близких к нам небесных тел (Луны, Солнца), производя наблюдения за небесными светилами с двух **отдаленных** *точек земного шара.*

правлениями двух телескопов на звезду определяют по специальным приборам — разделенным кругам — с точностью до $^1/_{100}$ доли секунды дуги. При отсчетах таких мельчайших частей дуги астрономы пользуются микроскопами.

Небесные светила находятся очень далеко от Земли. Чтобы заметить различие в направлениях, по которым видно светило, ученые должны находиться по возможности на расстоянии многих тысяч километров друг от друга.

Например, для этой цели один астроном наблюдает светило на севере Европы, а другой в то же время наблюдает его в Южной Африке.

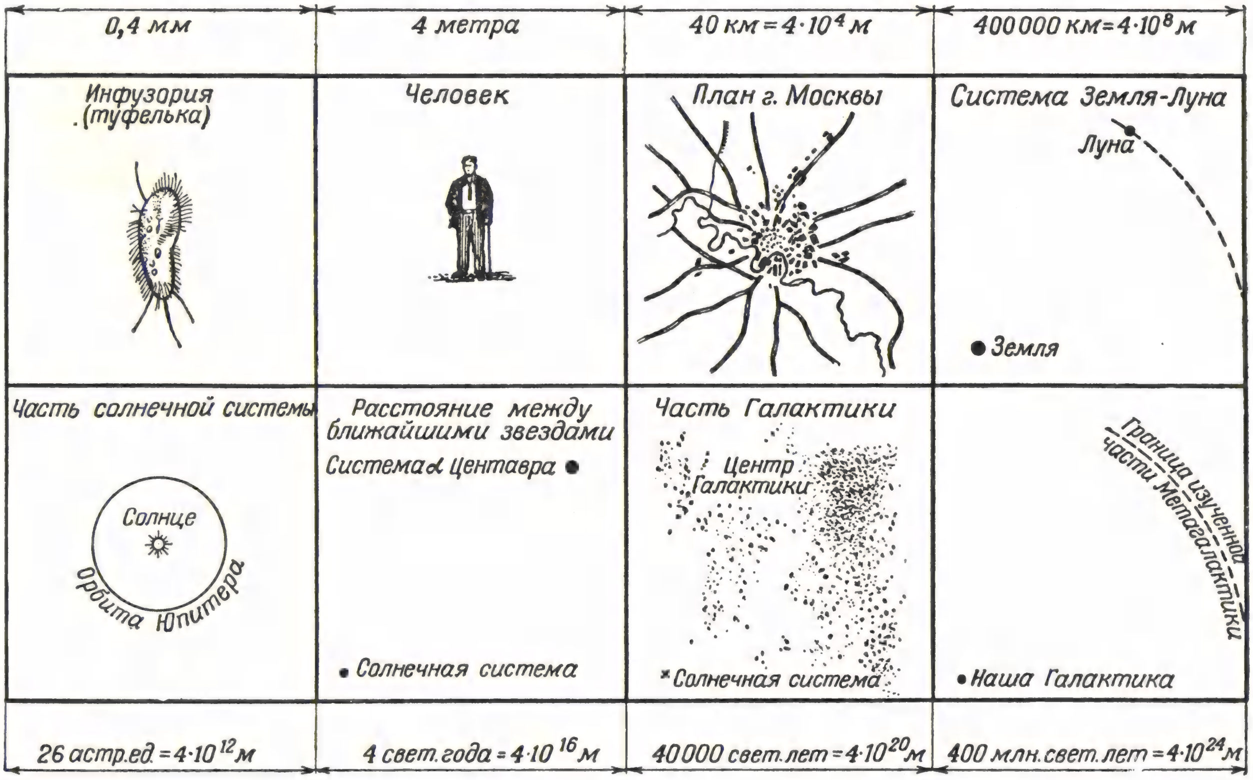
Производя наблюдения с двух отдаленных точек земного шара, астрономы определили расстояние до наиболее близких к нам небесных тел: Луны, Солнца и планет.

Но даже самые тщательные попытки не могут описанным выше способом привести к определению расстояний до звезд. Диаметр земного шара оказывается недостаточным, чтобы, наблюдая с противоположных концов его, можно было заметить различие в направлениях на звезды.

Однако около ста лет назад русскому ученому В. Я. Струве (см. стр. 472) удалось впервые установить расстояние до одной из ближайших к нам звезд. Но для этого ему пришлось наблюдать ее не с концов земного диаметра, а с концов прямой линии, в 23 600 раз более длинной. Где же он смог взять такую длинную прямую линию, которая на земном шаре никак не может уместиться? Оказывается, эту линию можно взять в природе — это диаметр земной орбиты. Чтобы проехать вдоль диаметра земной орбиты, равняющегося 300 млн. *км*, на курьерском поезде, идущем со скоростью 100 *км/час*, пришлось бы затратить более 340 лет!

Но этого не нужно делать. За полгода земной шар переносит нас на другую сторону от Солнца, на другой конец диаметра земной орбиты, и лишь наблюдая с концов его, можно заметить ничтожно малое различие в направлениях, по которым видны ближайшие звезды. Правда, наблюдения при этом приходится производить не одновременно, а в моменты, отделенные друг от друга промежутком в полгода. За это время изучаемая звезда переместится в пространстве на огромное расстояние вследствие своего движения, но это расстояние ничтожно мало в сравнении с расстоянием от нас до звезды, и его можно не принимать во внимание. Точно так же артиллеристу, вычисляющему многокилометровое расстояние до позиции неприятеля, безразлично, сделает ли кто-нибудь во вражеском стане шаг вперед или шаг назад. Его вычисления будут достаточно точны без учета последнего обстоятельства.

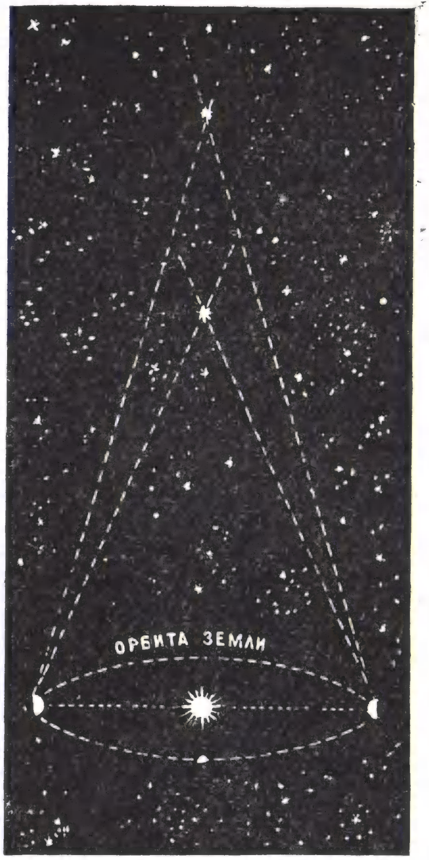
Астрономы установили, что даже ближайшая к Земле звезда находится далеко-далеко за пределами солнечной системы. Эти расстояния



Сравнение квадратов, изображенных на рисунке, дает нам наглядное представление о величине Вселенной. Масштаб от квадрата к квадрату увеличивается в 10 000 раз.

так велики, что выражать их в километрах трудно. Поэтому их выражают в единицах времени, которое нужно свету, чтобы пройти это расстояние. Свет движется очень быстро и за 1 сек. распространяется на 300 тыс. *км*. Когда сверкает молния, то свет ее доходит до нас за ничтожно малую долю секунды. От Луны до Земли свет идет $1^1/_4$ сек., от Солнца — 8 минут, от самой далекой планеты, Плутона, около 5 часов, а от ближайшей звезды — более 4 лет! Курьерский поезд, идя без остановки со скоростью 100 *км/час*, добрался бы до ближайшей звезды, называемой альфой Центавра, только через 46 млн. лет. А ведь это самая близкая звезда! Ее расстояние от Земли ничтожно сравнительно с расстоянием дальних звезд Млечного Пути.

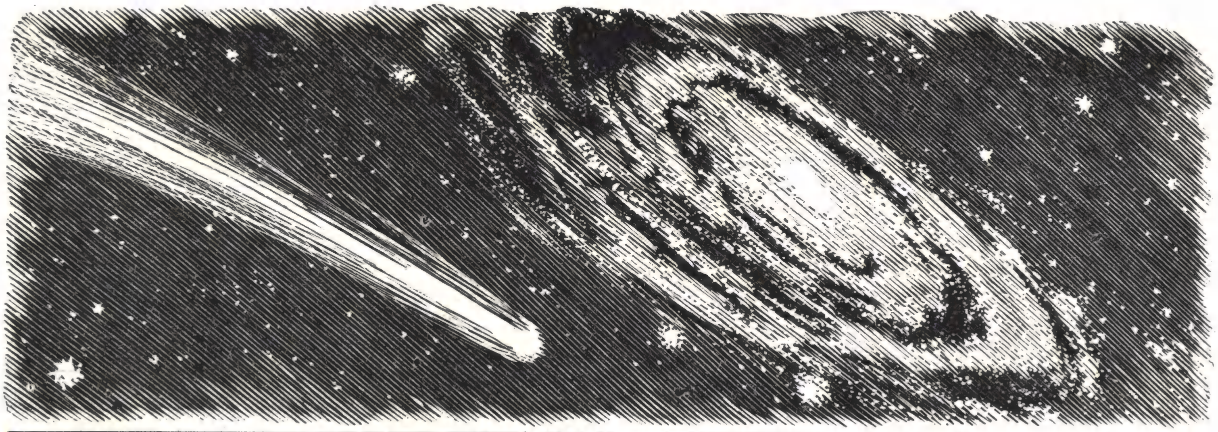
Некоторых людей пугает громадность звездных расстояний, но надо подумать о том, как велико могущество человеческого разума, если он смог преодолеть такие расстояния. Для человеческого разума нет пределов. Он может неограниченно познавать мир, законы природы и применять знания себе на пользу.



Расстояние до очень далеких небесных светил (звезд) определяется с противоположных точек земной орбиты.

Измерения расстояний до звезд окончательно доказали, что они находятся от нас на разных расстояниях и вовсе не расположены на поверхности круглого купола, каким нам кажется звездное ночное небо. Оно нам кажется куполом, опрокинутым над Землей, или шаром, окружающим со всех сторон нашу планету, только потому, что невооруженный глаз не воспринимает различия в расстояниях до разных звезд.

Какая-нибудь планета, даже намного большая, чем Земля, находящаяся от Земли на расстоянии ближайшей звезды, была бы совершенно невидима. На таком огромном расстоянии Солнце освещало бы ее слишком слабо, да и на обратном пути к нам отраженный ею свет ослабевал бы слишком сильно. Из этого необходимо заключить, что звезды светят своим собственным, чрезвычайно ярким светом, т. е. являются самосветящимися солнцами. Теперь мы имеем множество других подтверждений такому заключению. Со своей точки зрения, мы можем, следовательно, разделить Вселенную на солнечную систему (ближайшие к нам окрестности) и бесконечный мир, лежащий за ее пределами. Этот мир состоит из бесчисленного количества звезд, подобных нашему Солнцу.



Что мы знаем о Вселенной

ЛУНА

КАК ИЗМЕНЯЕТСЯ ВИД ЛУНЫ

Только что зашло Солнце. На фоне красноватой зари ярко вырисовывается узкий блестящий серп, горбом обращенный в сторону зашедшего Солнца. Недолго приходится им любоваться. Скоро и он опускается вслед за Солнцем под горизонт. При этом говорят: «Родилась новая Луна».

На следующий день при заходе Солнца вы заметите, что серп стал шире, он виден выше над горизонтом и заходит уже не так рано. С каждым днем Луна как бы растет и в то же время отходит от Солнца все дальше и дальше влево. Через неделю Луна оказывается вечером на юге в виде полукруга с выпуклостью вправо. Тогда говорят: «Луна достигла фазы первой четверти».

В следующие дни Луна продолжает расти, становится больше полукруга и отодвигается дальше к востоку, пока еще через неделю не станет полным кругом, т. е. наступит полнолуние. В то время когда Солнце будет уходить под горизонт на западной стороне, с противоположной, восточной стороны начнет подниматься полная Луна. К утру оба светила как бы меняются местами: появление Солнца на востоке застает полную Луну заходящей на западе.

Дальше день за днем Луна всходит все позднее. Она становится все более урезанной, или

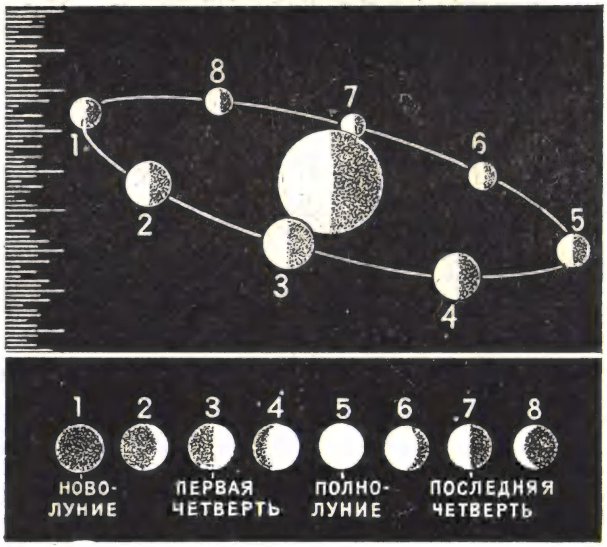
ущербленной, но уже с правой стороны. Через неделю после полнолуния вы вечером не найдете на небе Луны. Она только около полуночи показывается на востоке из-за горизонта и опять в виде половины круга, но горбом направлена теперь влево. Это — последняя четверть. Утром можно увидеть с южной стороны полукруг Луны, обращенный горбом к восходящему Солнцу. Через несколько дней только перед восходом Солнца появляется из-за горизонта на востоке узкий серп Луны. А еще через неделю, после последней четверти, Луна совсем перестает быть видимой — наступает новолуние; потом она появится опять с левой стороны от Солнца: вечером на западе и горбом уже опять вправо.

Так изменяется вид Луны на небе каждые четыре недели, точнее — за период 29½ суток. Это лунный, или синодический, месяц. Он послужил основой для составления календаря еще в древние времена. Такой лунный календарь сохранился у некоторых восточных народов и до настоящего времени.

Можно рассчитать, когда и как будет видна Луна — когда будут светлые и темные ночи, а когда вся ночь будет лунная, светлая. Это бывает иногда очень важно знать заранее.

Изменение лунных фаз можно свести в такую таблицу:

Главные фазы	Знак фазы	Видимость Луны
Новолуние	●	Не видна
Первая четверть (через 7 суток и 9 часов)	☽	На юге — при заходе Солнца; на западе — около полуночи
Полнолуние (через 14 суток и 19 часов)	○	На востоке — вечером; на юге — в полночь; на западе — утром
Последняя четверть (по истечении 22 суток и 4 часов)	☾	На востоке — в полночь; на юге — утром
Новолуние (через 29 суток и 13 часов)	●	Не видна



Фазы Луны.

Сделайте вечером в комнате такой опыт: возьмите мяч и лампу. Пусть мяч изображает Луну, ваша голова — Землю, а лампа, поставленная поодаль,— Солнце. Держите мяч в вытянутой руке, двигайте его вокруг себя и смотрите, как будет видна вам освещенная часть мяча. Так же будет видна Луна с Земли, вокруг которой Луна обращается.

Во время новолуния Луна находится между Землей и Солнцем и обращена к Земле неосвещенной стороной. В первую четверть, т. е. через четверть оборота Луны, к Земле обращена половина ее освещенной стороны. В полнолуние Луна находится в противоположной Солнцу стороне, а к Земле обращена вся освещенная сторона Луны, и мы видим ее полным кругом. В последнюю четверть снова мы видим с Земли половину освещенной стороны Луны. Теперь понятно, почему выпуклая сторона серпа Луны всегда обращена к Солнцу.

В ближайшие вечера после новолуния можно наблюдать, кроме яркого серпа, и не освещенную Солнцем, но слабо видимую часть Луны. Такое явление называют пепельным светом. Это — ночная поверхность Луны, освещаемая только отраженными от Земли солнечными лучами.

Таким образом, изменение фаз Луны объясняется двумя причинами: во-первых, Луна — темный, непрозрачный шар, освещаемый Солнцем, и, во-вторых, Луна обращается вокруг Земли.

Время обращения Луны вокруг Земли называется звездным месяцем и составляет $27^1/_3$ суток, т. е. меньше $29^1/_2$ суток, в течение которых происходит смена фаз Луны. Причиной этого является движение самой Земли.

Обращаясь вокруг Солнца, Земля увлекает за собой и свой спутник — Луну.

Пусть Луна будет в положении новолуния. Пока она сделает полный оборот за $27^1/_3$ суток, Земля вместе с Луной займет в это время иное положение по отношению к Солнцу: Луна еще не окажется между Землей и Солнцем. Для того чтобы наступило следующее новолуние, Луне надо продвинуться еще дальше и сделать больше полного оборота. На это ей требуется несколько больше двух суток. Вот причина различия между длительностью синодического и звездного (сидерического) месяцев.

В новолуние, когда Луна оказывается между Землей и Солнцем, она может закрыть его от нас, и тогда наступит солнечное затмение. В полнолуние Луна, находясь по другую сторону от Земли, может попасть в тень, отбрасываемую Землей, тогда произойдет лунное затмение. Затмения не происходят каждый месяц потому, что Луна обращается вокруг Земли в плоскости, не совпадающей с той плоскостью, в которой Земля обращается вокруг Солнца.

ВРАЩЕНИЕ ЛУНЫ, СМЕНА НА НЕЙ ДНЯ И НОЧИ

При рассмотрении Луны в бинокль или даже невооруженным глазом на ее поверхности видны темные пятна и всегда почти на одних и тех же местах, одинаково удаленных от краев лунного диска. Значит, Луна обращена к Земле постоянно одной и той же стороной. Это происходит потому, что Луна вращается вокруг своей оси как раз с тем же периодом, с каким она обращается вокруг Земли.

Сделайте такой опыт: обойдите вокруг стола, оставаясь обращенными к нему все время лицом. Вы по очереди увидите все стены комнаты. Результат будет тот же, как если бы вы сделали полный поворот вокруг себя, стоя на месте.

Вследствие вращения Луны вокруг своей оси разные участки ее поверхности бывают обращены к Солнцу в разное время. На ней происходит смена дня и ночи. Лунные сутки в 29½ раза длиннее земных. Почти 15 наших суток на Луне длится день и столько же времени — ночь.

Сравнительная величина Земли и Луны.

РАССТОЯНИЕ ОТ ЗЕМЛИ ДО ЛУНЫ И РАЗМЕРЫ ЛУНЫ

Луна — спутник Земли. Это единственное крупное небесное тело, которое обращается вокруг Земли.

Луна гораздо ближе к Земле, чем другие небесные тела. Расстояние до Луны измерили точно, воспользовавшись тем же способом, каким на Земле измеряют расстояние до видимых предметов, к которым нельзя подойти.

Луна движется вокруг Земли не по окружности, а по эллипсу, поэтому ее расстояние от Земли не остается постоянным. В среднем оно составляет 384 400 *км*.

Зная расстояние до Луны, ученые вычислили ее действительные размеры. Диаметр Луны составляет 3476 *км*, т. е. немногим более четверти диаметра Земли. Площадь Луны несколько меньше территории Азии. По объему Луна почти в 50 раз меньше Земли.

ПРИРОДА ЛУНЫ

Как мы уже говорили, на Луне невооруженным глазом можно видеть темные пятна. В бинокль, а еще лучше в телескоп очертания их выступают более отчетливо. Это обширные равнины на лунной поверхности. Первые наблюдатели, рассматривавшие Луну в телескоп, приняли их за водоемы и назвали морями. Но на Луне нет ни воды, ни льда. Если когда-нибудь они там и были, то давно уже испарились и улетучились в пространство. Объясняется это тем, что сила тяжести на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле. Луна не могла долгое время удерживать около себя сколько-нибудь значительное количество паров воды и газов.

В том, что на Луне нет заметной атмосферы, можно убедиться, наблюдая, как внезапно, без всякого потускнения, исчезает звезда, когда

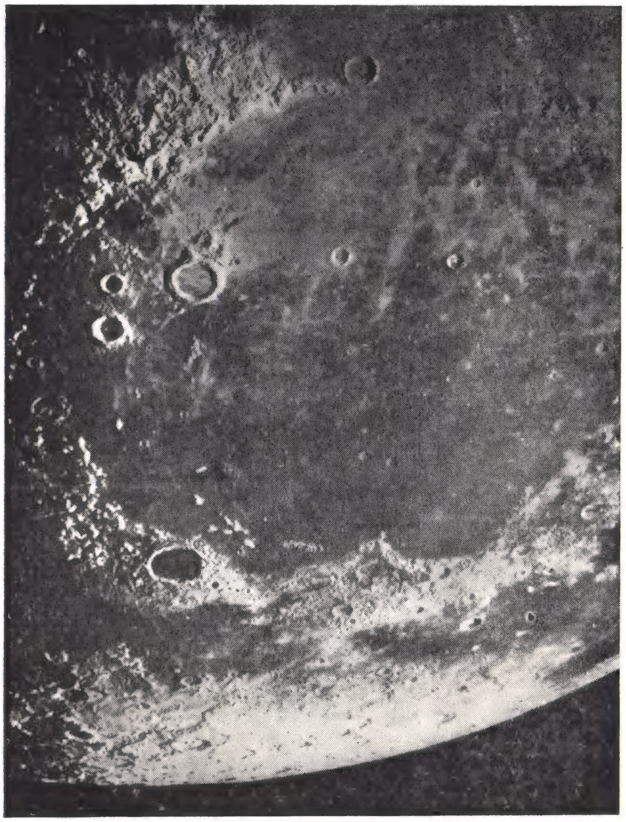
ее закрывает, двигаясь по небу, Луна. Тени гор на Луне резко очерчены.

Так как на Луне нет атмосферы, то не может быть на ней и ветра. Там постоянно безоблачное черное небо, на котором и при ярком Солнце блистают звезды. Голубую окраску небу на Земле дает воздух. Рассеивая солнечные лучи, он мешает нам видеть звезды днем, так как делает фон всего небосвода ярче, чем звезды.

Благодаря отсутствию атмосферы палящие лучи Солнца в течение лунного дня могут поднимать температуру поверхности Луны до плюс 120°; зато после захода Солнца температура быстро понижается и доходит ночью до минус 160°.

Так как на Луне нет ни воды, ни воздуха, ее поверхность не размывается и не выветривается.

Различные неровности на лунной поверхности — ее горы и впадины — лучше всего видны около первой и последней четверти, когда косо падающие солнечные лучи создают там удлиненные тени. По этим теням ученые измерили высоту лунных гор: некоторые из них достигают 7000 *м*.



Участок лунной поверхности. Вид так называемого Моря дождей с окружающими его горами.

Много дают для изучения поверхности Луны фотоснимки, полученные с большим увеличением. На них можно увидеть широкую темноватую равнину, которую назвали Морем дождей, а по краям ее — цепи гор и отдельные кольцевые горы. Другая часть поверхности Луны сплошь покрыта кольцевыми горами и кратерами самых разнообразных размеров. Диаметр наибольших из них достигает 200 *км*.

Но как могли образоваться большие кратеры или громадные равнины, окаймленные цепями гор? Этот вопрос наука пока еще окончательно не решила. Русский геолог А. П. Павлов полагал, что некогда горячие массы прорывались в отдельных местах из недр Луны на поверхность и образовывали расплавленные озера и моря. Вулканическая магма постепенно застывала, нагромождая у краев затвердевшие скалы. В середине же этих пространств поверхность несколько опускалась, образуя обширные равнины.

Некоторые ученые считают, что кратеры могли образоваться в результате падения на Луну огромных метеоритов.

Кроме обширных равнин, горных хребтов и многочисленных кольцевых гор, покрывающих поверхность, на фотографии Луны можно видеть трещины, складки и особые светлые полосы, лучеобразно расходящиеся от некоторых больших кратеров. Почти всем крупным формам рельефа на Луне даны различные названия: для горных хребтов взяты названия земных (Кавказ, Альпы, Апеннины и т. п.), для кратеров — имена знаменитых ученых (Коперника, Кеплера, Тихо и др.).

Подробнее с лунной поверхностью можно ознакомиться при рассмотрении ее карты (см. стр. 374—375), а еще лучше — изучая Луну в телескоп.

ПРИЛИВЫ И ОТЛИВЫ

Жители побережий океанов ежедневно наблюдают, как во время приливов поднимается вода и заливает берег. Через несколько часов наступает отлив и берег снова обнажается. Подъем воды достигает в отдельных местах нескольких метров, и в зависимости от характера очертания берегов вода может проникать в глубь материка даже на несколько километров.

Приливы и отливы вызываются действием Луны на Землю. Если Земля притягивает Луну, то и Луна притягивает к себе Землю.

Область Луны, изобилующая кратерами.

При этом сторона Земли, обращенная к Луне, притягивается сильнее. Благодаря различию в притяжении подвижная водная поверхность океанов как бы вытягивается, образуя два «горба»: один со стороны Луны, другой с противоположной стороны («отстающий горб»). А так как Земля вращается, то «горбы» эти перемещаются (оставаясь вытянутыми вдоль линии, соединяющей Землю с Луной) и наступают на встречные берега.

В одном и том же месте бывает два прилива в сутки, а между ними — два отлива. У нас наибольшие приливы и отливы бывают на берегах Ледовитого океана, например в Мурманске, а также на Дальнем Востоке, на берегах Тихого океана.

Приливы вызывает не только Луна, но и Солнце своим притяжением. Однако в силу того, что Солнце находится гораздо дальше от Земли, чем Луна, его приливное действие слабее. Оба приливных действия будут складываться, когда Земля, Луна и Солнце расположатся по одному направлению. А это происходит в новолуние и полнолуние. В это время приливы достигают наибольшей высоты. В первую же и последнюю четверти Луны бывают наименьшие приливы, потому что солнечный прилив совпадает с лунным отливом.

* * *

В настоящее время после успешных запусков искусственных спутников Земли становится возможным осуществление межпланетных перелетов, и прежде всего полета на Луну — самое близкое к Земле небесное тело. Полет на Луну поможет лучше изучить природу этого небесного тела, а с его поверхности удобнее будет наблюдать другие миры, изучению которых у нас мешают облака, движение воздуха и т. д.

СОЛНЦЕ

СОЛНЦЕ — ИСТОЧНИК ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Если спросить любого человека, какое из небесных светил имеет наибольшее значение для нас на Земле, то, наверно, услышим, что Солнце. Не будь Солнца, не было бы на Земле зеленых лугов, тенистых лесов и рек, цветущих садов, хлебных полей, не могли бы существовать ни человек, ни животные, ни растения.

Значение Солнца для жизни на Земле человек чувствовал уже в далекие времена. Но первобытным людям Солнце представлялось каким-то сверхъестественным существом. Оно обожествлялось почти всеми народами древности.

Наши предки славяне поклонялись богу солнечных лучей — Яриле. У древних римлян был бог Солнца — Аполлон. Цари и князья, чтобы возвеличить свою власть, старались внушить людям представление о своем происхождении от бога Солнца. Например, в знаменитом поэтическом произведении Древней Руси — «Слове о полку Игореве» русские князья назывались «внучатами могучего Даждь-бога», т. е. бога Солнца.

Жертвоприношение в честь Солнца у древних инков в Южной Америке.
(Со старинной гравюры.)

Различные религиозные верования и обряды, связанные с этими древними представлениями о Солнце, сохранились и до наших дней, например в праздновании пасхи, которое всегда связано с наступлением весны и обновлением всей природы от живительных солнечных лучей.

Всякое движение на Земле происходит главным образом за счет энергии, которая поступает к нам в солнечных лучах. Солнце — источник жизни на Земле.

Великий русский ученый К. А. Тимирязев в своей замечательной книге «Жизнь растения» писал: «Когда-то где-то на Землю упал луч Солнца, но он упал не на бесплодную почву, он упал на зеленую былинку пшеничного ростка, или, лучше сказать, на хлорофилловое зерно. Ударяясь о него, он потух, перестал быть светом, но не исчез... В той или другой форме он вошел в состав хлеба, который послужил нам пищей. Он преобразился в наши мускулы, в наши нервы... Пища служит источником силы в нашем организме потому только, что она — не что иное, как консерв солнечных лучей...»

ЧТО ГОВОРИТ НАУКА О СОЛНЦЕ

Что же говорит нам наука о Солнце? Как далеко Солнце от нас и как оно велико?

Расстояние от Земли до Солнца составляет почти 150 млн. *км*. Легко написать это число, но представить себе такое большое расстояние трудно. Быстрее всего в природе распространяется свет. Он идет со скоростью 300 тыс. *км/сек*. В течение одной секунды свет может почти восемь раз обойти вокруг Земли. При такой громадной скорости свету все же требуется больше 8 минут, чтобы дойти к нам от Солнца.

На небе мы наблюдаем Солнце в виде диска сравнительно небольшого размера. Зная же расстояние от нас до Солнца и угол, под которым виден диск Солнца, можно вычислить действительный его диаметр. Солнечный диаметр оказывается в 109 раз больше диаметра земного шара.

Чтобы составить шар, равный по объему Солнцу, нужно взять 1 301 000 таких шаров, как наша Земля. Представьте себе большой арбуз и зернышко пшена — это и даст вам понятие о сравнительных размерах Солнца и нашей планеты.

Изучая движение планет под действием притяжения Солнца, астрономы определили массу Солнца. Она оказалась почти в 333 400 раз больше массы Земли. Сопоставьте это число с числом 1 301 000, которое представляет объем Солнца сравнительно с объемом земного шара. Это показывает, что Солнце состоит из вещества, почти в 4 раза менее плотного, чем Земля. Средняя плотность Земли по отношению к воде 5,5, а Солнца — 1,4, и тем не менее масса Солнца чрезвычайно велика. Если даже взять все планеты вместе с их спутниками, то окажется, что общая их масса почти в 750 раз меньше массы одного Солнца.

От Солнца мы получаем очень много тепла и света. А зная, на каком громадном расстоянии оно находится от нас, можно заключить, каким же горячим оно должно быть. В самом деле, чем выше температура тела, чем оно сильнее накалено (например, кусок железа в горне), тем оно ярче. Солнце ярче электрической дуги, которую впервые открыл и описал русский физик В. В. Петров. А ведь температура электрической дуги доходит до 3500°, и все вещества при такой температуре не только плавятся, но и обращаются в пар (газ). Температура Солнца еще выше. При помощи особых приборов ученым удалось определить, что температура на поверхности Солнца достигает 6000°.

Вследствие такой высокой температуры Солнце не может быть ни в твердом, ни в жидком состоянии.

Солнце — это колоссальный шар, состоящий из раскаленных газов, в центре которого температура достигает 20 млн. градусов.

Раскаленные солнечные газы находятся в постоянном движении. Наш великий ученый М. В. Ломоносов еще около 200 лет назад очень

Вид Земли с Луны.

МОРЕ ВЛАЖНОСТИ
МОРЕ ОБЛАКОВ
МОРЕ НЕКТАРА
МОРЕ ИЗОБИЛИЯ
ОКЕАН БУРЬ
МОРЕ СПОКОЙСТВИЯ
МОРЕ ПАРОВ
МОРЕ КРИЗИСОВ
МОРЕ ЯСНОСТИ
МОРЕ ДОЖДЕЙ
МОРЕ ХОЛОДА

Карта Луны.

ярко изобразил картину того, что, по его мнению, происходит на Солнце:

Когда бы смертным толь высоко
Возможно было возлететь,
Чтоб к Солнцу бренно [1] наше око
Могло, приблизившись, возреть,
Тогда б со всех открылся стран
Горящий вечно океан.

Там огненны валы стремятся
И не находят берегов,
Там вихри пламенны крутятся,
Борющись множество веков;
Там камни, как вода, кипят,
Горящи там дожди шумят...

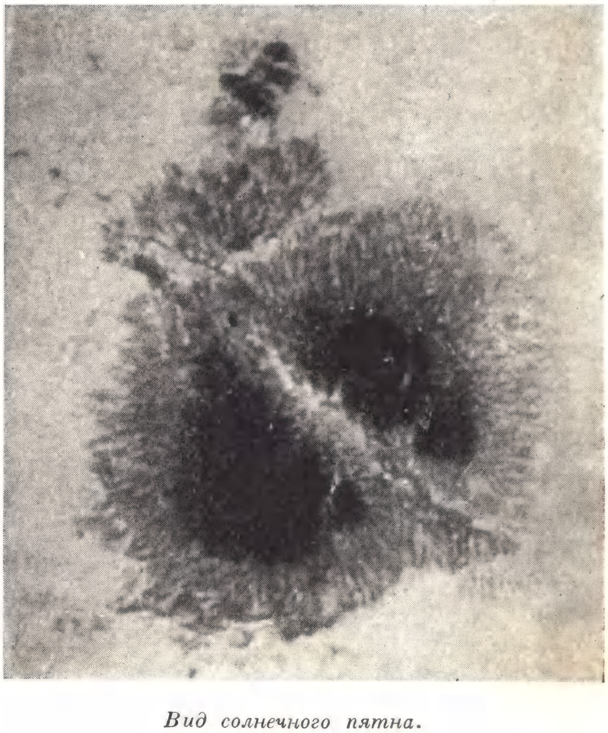
ЧТО ПРОИСХОДИТ НА ПОВЕРХНОСТИ СОЛНЦА

Посмотрим на фотографию Солнца, снятую при помощи телескопа. Края солнечного диска менее ярки, чем его центральная часть. Это происходит потому, что от середины солнечного диска к нам проникают лучи из более глубоких, а потому и более горячих слоев солнечных газов, чем от краев. Слои Солнца, дающие яркий свет, составляют ту его видимую поверхность, которая называется **фотосферой**.

В сильные телескопы фотосфера представляется не ровно сияющей, а имеет повсюду как бы зернистое строение. Вот как зарисовал фотосферу выдающийся русский астроном А. П. Ганский. Чередующиеся белые и темноватые зернышки или клубочки — так называемые **гранулы**— чрезвычайно изменчивы и все время находятся в движении. Из-за большой удаленности Солнца они даже в сильные телескопы едва заметны. В действительности же каждая гранула на Солнце имеет в длину от 700 до 1400 *км*. Это, вероятно, массы раскаленных газов, выталкиваемых из еще более горячих глубин.

Фотосфера с гранулами. (По рисунку А. П. Ганского.)

Такой вид Солнце имеет почти всегда. Уже давно, задолго до изобретения телескопов, было замечено, что иногда на Солнце появляются сравнительно большие темные пятна и группы пятен. В пятнах можно различить среднюю, более темную часть — так называемую тень и окаймляющую ее — полутень. Впоследствии с помощью телескопов такие пятна стали наблюдать регулярно. Некоторые пятна держатся на Солнце по нескольку дней и даже месяцев. Перемещение таких пятен от одного края диска Солнца к противоположному краю дало возможность установить, что солнечный шар вращается. По скорости движения пятен удалось



Вид солнечного пятна.

[1] Бренно (бренное) — слабое, легко поддающееся разрушению.

определить период вращения Солнца. При этом оказалось, что различные зоны Солнца вращаются с разной скоростью: на солнечном экваторе период вращения составляет 25 суток, а ближе к солнечным полюсам — больше 30 суток. На основании этого ученые сделали также вывод, что Солнце вращается, как газообразное, а не как твердое тело.

Пятна на Солнце изменяются, распадаются на части и исчезают, диаметр отдельных больших пятен превосходит диаметр Земли. Пятна появляются не на всей поверхности Солнца, а только в двух сравнительно неширокиx поясах по обе стороны солнечного экватора от 5 до 40°.

Пятна только кажутся нам темными на очень ярком фоне фотосферы. На самом деле они также испускают свет, изучение которого позволило определить их температуру. Она оказалась ниже температуры фотосферы, но все же очень высокой — около 4500°. Это значит, что пятна состоят из раскаленных газов и представляют собой воронкообразные вихревые движения.

Вихри вокруг солнечных пятен.

Много лет астрономы наблюдали за пятнами в телескоп и подметили, что число их в разные годы бывает различным. Год, когда пятен особенно много, называется годом м а к с и м у м а п я т е н. Затем число их с каждым годом уменьшается, и лет через шесть они почти совсем пропадают. Наступает год м и н и м у м а п я т е н. В следующие годы количество пятен опять увеличивается, а сами пятна становятся все крупнее, и лет через пять вновь наступает год максимума. Так это повторяется в среднем через каждые 11 лет, но иногда промежуток бывает меньше и больше (от 8 до 15 лет).

1947 год был годом максимума пятен на Солнце; 1953—1954 годы — годами минимума, а 1957—1958 годы — годами нового максимума темных пятен на Солнце. После минимума появляются новые пятна — обычно на высоких широтах Солнца, а затем на все более низких.

Около пятен часто видны более яркие, чем окружающая фотосфера, участки. Их назвали ф а к е л а м и. Они иногда встречаются и в тех областях, где нет пятен. Факелы особенно заметны у краев Солнца, где общий фон фотосферы не такой яркий. По-видимому, это более горячие области фотосферы.

Гранулы, пятна и факелы находятся в фотосфере Солнца, над которой простирается солнечная атмосфера.

СОЛНЕЧНАЯ АТМОСФЕРА

Во время полных солнечных затмений, когда вся фотосфера закрыта лунным диском, вокруг Солнца, у самого его края, видна слабо светящаяся красноватым светом кайма. Это слой раскаленных газов над фотосферой. За свою окраску он назван х р о м о с ф е р о й [1]. Она состоит из множества узких выступов пламени, отдельных струй, находящихся в движении. В сильный телескоп хромосфера имеет вид горящей травы в степи. Хромосфера простирается над фотосферой на высоту до 14 тыс. *км*. Она в общем так же нагрета, как фотосфера в своем верхнем слое. Временами в хромосфере наблюдаются блестящие вспышки вблизи солнечных пятен, развивающиеся в течение нескольких минут и затем угасающие,— как бы взры-

[1] По-гречески «хрома» — цвет, краска.

вы. Они отличаются очень сильным излучением, которое, достигая Земли, оказывает большое влияние на некоторые явления в земной атмосфере.

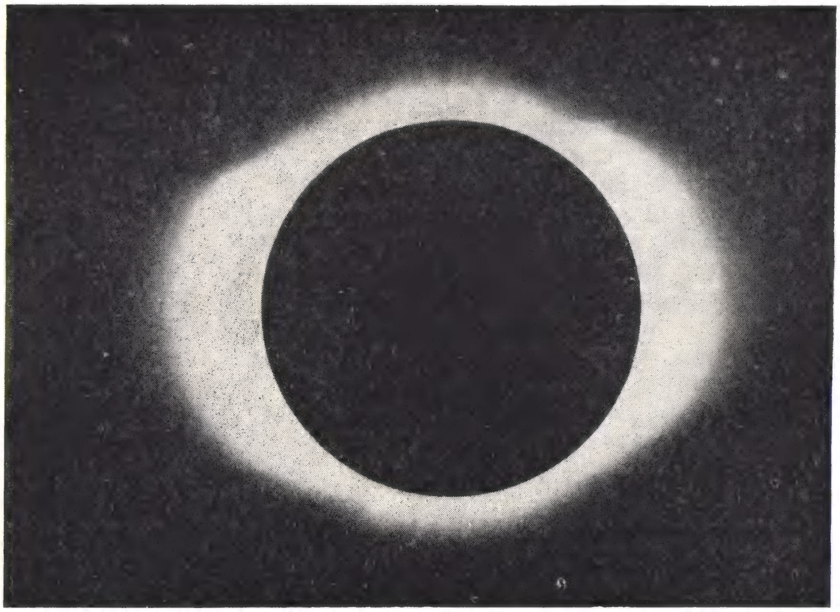
В отдельных местах хромосферы во время затмений бывают видны вздымающиеся над ней красноватые выступы газов, названные **протуберанцами**[1]. Астрономы, наблюдая на протяжении долгого времени Солнце, выяснили, что протуберанцы — это громадные струи солнечного вещества, одинаковые по своему составу с хромосферой.

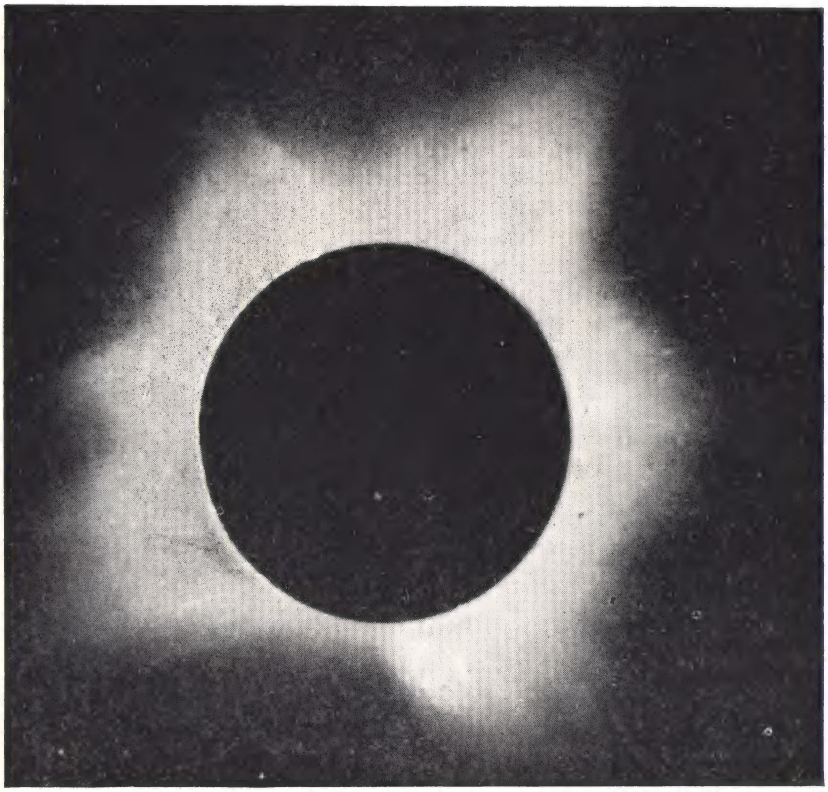
Астрономы установили, что протуберанцы изменяются поразному: одни медленно, сохраняясь дни и месяцы, другие — быстро. Нередко они вздымаются над солнечной поверхностью на сотни тысяч километров и вскоре исчезают. Иногда протуберанцы появляются высоко над хромосферой и затем опускаются к ней. Некоторые протуберанцы связаны с темными пятнами. Наблюдается также движение солнечного вещества от одного протуберанца к другому. Протуберанцы могут появляться на всей поверхности Солнца — от экватора до полюсов. Температура протуберанцев 7000—10 000°, т. е. выше температуры хромосферы (см. рис., стр. 384—385).

Количество протуберанцев на Солнце меняется в среднем за тот же 11-летний период, как и число пятен и факелов. В годы максимума пятен всегда больше и протуберанцев.

Во время полных солнечных затмений можно видеть не только красноватую хромосферу и выступающие из нее огненные языки — протуберанцы, но и самую внешнюю оболочку Солнца, светящуюся слабым серебристым светом. Ее называют

[1] От латинского слова «протуберанс» — выступающий.





Формы солнечной короны во время полных затмений.

короной. В разные годы солнечная корона имеет неодинаковый вид. Астроном А. П. Ганский (стр. 479) установил, что вид короны связан с количеством пятен на Солнце. В годы максимума пятен корона широко раскинута вокруг Солнца, образуя как бы светлый венец. В годы же минимума пятен корона вытянута вдоль экватора Солнца. Корона Солнца и его хромосфера излучают радиоволны, которые принимают на Земле при помощи радиотелескопов.

В общем же все явления на Солнце связаны между собой, а их интенсивность периодически усиливается и ослабляется в среднем через каждые 11 лет. Так как этот период не всегда одинаков, нельзя заранее точно предсказать наступление максимумов и минимумов явлений на Солнце и их интенсивность; необходимо все время наблюдать за Солнцем и отмечать все происходящие на нем изменения.

СОСТАВ СОЛНЦА

Из чего состоит Солнце? Об этом рассказывает нам спектр солнечных лучей.

Солнечные лучи идут к нам от очень горячей фотосферы и проходят через газы солнечной атмосферы, из которых каждый химический элемент поглощает определенные лучи. Поэтому спектр солнечных лучей и получается в виде цветной полосы с отдельными темными линиями. По этим линиям и определили состав солнечной атмосферы (см. рис., стр. 384—385).

Оказалось, что на Солнце больше всего водорода, а затем гелия. Открыто там много и других химических элементов (кислород, кальций, железо, магний, натрий и др.), но все вместе они составляют очень малую долю по сравнению с водородом. На Солнце не обнаружено никаких химических элементов, помимо тех, которые имеются на Земле. Это указывает на то, что небесные тела состоят из тех же веществ, что и Земля. Но на разных небесных телах вещество может находиться в самых различных состояниях.

Корона во внутренней части представляет собой чрезвычайно разреженное облако легких частичек, главным образом частичек электричества — электронов, выделяющихся из нижележащих слоев. Все они быстро движутся в разных направлениях, но преимущественно в сторону от Солнца. Скорость их так же велика, как у газа при температуре до миллиона градусов. Во внешней части короны к ним примешаны и частички пыли, которая носится в межпланетном пространстве.

Астрономы много сделали для изучения различных явлений на Солнце, в особенности во время полных солнечных затмений. Ведь те несколько минут, в течение которых происходит полное солнечное затмение, являются лучшим временем для наблюдения солнечной короны, хромосферы, протуберанцев и многих других явлений, происходящих на Солнце. В настоящее время, впрочем, созданы специальные приборы и методы, при помощи которых можно исследовать многие области Солнца и без затмений; построены и специальные солнечные обсерватории.

В нашей стране изучением Солнца особенно успешно занимаются Крымская астрофизическая обсерватория и Горная солнечная станция Пулковской обсерватории около Кисловодска на Кавказе.

КАК ИЗМЕНЕНИЯ НА СОЛНЦЕ ВЛИЯЮТ НА ЗЕМНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Изучение истории Земли показывает, что наша планета в течение миллиардов лет получала от Солнца столько же тепла и света, сколько получает и теперь. Это значит, что за это время количество тепла и света, излучаемого Солнцем, существенно не менялось. Но все изменения, которые происходят в поверхностных слоях Солнца, отражаются на явлениях, происходящих на Земле.

Жителям полярных стран хорошо знакомы полярные сияния. Они особенно часто наблюдаются за полярными кругами и представляют необычайно красивое зрелище. Обычно сперва появляется слабое свечение, часто с заметной окраской. Понемногу оно становится ярче, и в нем показываются полосы, напоминающие колышущиеся занавесы.

Явление полярных сияний происходит в атмосфере Земли на высоте от 100 *км* и выше. Чаще всего полярные сияния наблюдаются в годы максимумов пятен на Солнце.

Еще 200 лет назад М. В. Ломоносов, сам много раз любовавшийся этими красочными воздушными занавесами, правильно подошел к пониманию природы полярных сияний. Он писал: «Весьма вероятно, что северные сияния рождаются от происшедшей на воздухе электрической силы».

Дело в том, что Солнце не только испускает лучи света, радиолучи, но и выбрасывает частички вещества, среди которых много заря-

женных электричеством. Приближаясь к Земле, потоки частиц сосредоточиваются вокруг магнитных полюсов Земли. Влетая с большой скоростью в самые верхние, наиболее разреженные слои атмосферы, они ударяются об отдельные частицы разреженного воздуха, вызывают их свечение и сами светятся. Эти потоки электрически заряженных частиц, как и всякий электрический ток, несут с собой магнитные силы, которые влияют и на магнетизм Земли. В результате наблюдается колебание магнитной стрелки компаса, иногда очень сильное, называемое м а г н и т н о й б у р е й. Тогда компас становится ненадежным путеводителем. В это же время иногда происходят нарушения телеграфной и телефонной связи между далекими пунктами.

Влияние потоков частиц вещества, несущихся от Солнца к Земле, сказывается и на распространении радиоволн: слышимость ухудшается иногда до такой степени, что приходится прекращать радиоприем, особенно на коротких волнах. Это бывает обычно в периоды, когда на Солнце больше пятен, факелов или ярких вспышек.

Замечено еще, что в годы максимума солнечных пятен на Земле бывает больше гроз. В этом также проявляется действие потоков заряженных электричеством частиц, выбрасываемых Солнцем.

Очень важно знать, как изменения на Солнце влияют на перемену погоды и на радио. Для этого в Советском Союзе и в других странах созданы так называемые Службы Солнца.

Изучение солнечного излучения вошло в программу научных работ и наблюдений Международного геофизического года (1957—1958). Эти работы имеют большое значение для лучшего познания физических процессов, происходящих на Земле и на Солнце.

С запуском искусственных спутников Земли представилась возможность исследовать солнечное излучение при помощи приборов, помещенных в спутниках для улавливания тех лучей, которые поглощаются нашей атмосферой и не доходят до Земли.

КАКОВЫ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА

Откуда берется энергия Солнца, не остывает ли оно и долго ли еще будет снабжать Землю теплом и светом? Делалось много разных предположений об источниках солнечной энергии. Но только новые открытия физики позволили это объяснить. Зная, что происходит в наружных слоях Солнца, и пользуясь законами физики, астрономы установили, что в недрах Солнца температура около 20 млн. градусов. В этих условиях происходит сложное превращение самого легкого элемента—водорода — в гелий. При этом выделяется огромное количество атомной энергии, которой вполне достаточно, чтобы обеспечить излучение Солнца. Водорода же на Солнце очень много. Подсчитано, что его хватит еще на десятки миллиардов лет. Поэтому нам не грозит никакая катастрофа из-за ослабления солнечного излучения.

СОЛНЕЧНЫЕ УСТРОЙСТВА (МАШИНЫ)

Энергию солнечных лучей мы используем главным образом через посредство растений

Опытная площадка гелиолаборатории Энергетического института им. Г. М. Кржижановского в Москве:

1 — солнечный кипятильник, 2 — солнечная установка с паровым котлом, 3 — установка, позволяющая получать высокие температуры для сварки и плавления металла.

(пища, дрова, торф, каменный уголь и т. п.). Ученые выяснили, что растения усваивают только около $^1/_{100}$ доли энергии солнечных лучей, падающих на листья, а некоторые и того меньше.

Вполне естественно, встал вопрос, как непосредственно уловить и использовать эту энергию Солнца. Ученые стали работать над созданием так называемых солнечных устройств, или солнечных машин. Иногда они состоят из большого вогнутого зеркала, которое ставится прямо под солнечные лучи. В фокусе зеркала (точка, в которой собираются лучи, отразившись от зеркала) помещается, например, котел с водой. Таким способом можно нагреть воду до кипения.

Однако такие устройства громоздки для производственных целей и недостаточно выгодны.

Другой способ непосредственного использования солнечной энергии заключается в следующем: берут, например, ящик со стенками, плохо проводящими тепло. Стенки ящика изнутри покрывают черной краской, а сверху ящик прикрывают стеклом. Солнечные лучи пройдут сквозь стекло внутрь ящика и, поглотившись черными стенками, нагреют их. Таким образом внутри ящика будет накапливаться тепло, которое задерживается стеклом. Если налить в ящик воду, то можно довести ее до кипения.

В СССР солнечные водонагреватели сначала стали сооружать в Ташкенте, применяя несколько рядов стекол и особенно хорошую изоляцию тепла. Теперь в Узбекской ССР построены бани, прачечные и даже кухни, работающие на солнечных установках. Подобным же образом построены приспособления для сушки фруктов и выплавки серы в ряде южных районов СССР.

Топливные запасы Земли — торф, каменный уголь, нефть и др.— рано или поздно истощатся. Поэтому солнечным устройствам принадлежит большое будущее. Однако ученые должны еще много работать над их усовершенствованием. В Академии наук СССР создана специальная лаборатория по гелиотехнике — так называют теперь технику непосредственного использования энергии Солнца. Советская наука ищет новые пути использования энергии Солнца для нужд социалистической Родины и всего трудящегося человечества.

СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

30 июня 1954 г. на территории Кавказа, Украины и Белоруссии наблюдалось полное солнечное затмение. Еще задолго до этого дня газеты и радио широко оповестили население нашей страны о предстоящем интересном явлении природы. Ученые Москвы, Ленинграда, Казани и многих других городов съехались в полосу видимости солнечного затмения. Они привезли с собой сложнейшие приборы.

И вот наступил день затмения Солнца.

Природа живет своей обычной жизнью. В синем небе ярко сияет Солнце. Ничто не предвещает грядущего события. Но постепенно солнечный свет начинает ослабевать. На правом крае Солнца появляется ущерб. Он медленно увеличивается, и солнечный диск принимает форму серпа, обращенного выпуклостью влево. Темнота сгущается. Становится прохладнее. Наконец, последний солнечный луч гаснет, на всю окружающую местность ложится полумрак. Небо принимает ночной вид, на нем вспыхивают яркие звезды. Вдоль горизонта появляется кольцо оранжевого оттенка.

Это наступило полное солнечное затмение. На месте погасшего светила виден черный диск, окруженный серебристо-жемчужным сиянием.

Напуганные внезапно наступившей темнотой, животные и птицы замолкают и спешат укрыться на ночной покой, многие растения свертывают листья; 2, 3, иногда 5 минут длится необычная темнота. Но вот справа из-за черного диска появляется край Солнца, и вновь вспыхивают яркие солнечные лучи. В тот же миг исчезает серебристо-жемчужное сияние, гаснут звезды. Словно на заре, поют петухи, возвещая о наступлении дня. Вся природа опять оживает.

Солнце снова принимает вид серпа, но теперь уже повернутого выпуклостью в другую сторону, как серп молодой Луны. Серп увеличивается, и уже через час в небе все как обычно.

Солнечное затмение представляет собой очень величественное и красивое явление природы. Никакого вреда растениям, животным и человеку оно, конечно, причинить не может.

Но не так думали люди в далеком прошлом.

Явление солнечного затмения знакомо человеку с глубочайшей древности. Когда наука только зарождалась, человек не знал, отчего происходят затмения. Панический страх вызывало у людей неожиданное, таинственное исчезновение лучезарного светила. В угасании Солнца среди бела дня они видели проявление неведомых, сверхъестественных сил.

У восточных народов существовало поверье, что во время затмения некое злое чудовище — дракон — пожирает Солнце. В Древнем Китае во время солнечных затмений жители, чтобы отогнать дракона и освободить Солнце, били в барабаны, встречали затмение звуками гонга, звоном колокольчиков, пели молитвы.

В древности солнечные затмения вызывали ужас. Люди старались криками и игрой на музыкальных инструментах отогнать «чудовище», пожирающее Солнце.

(Со старинной гравюры.)

Отголоски этих древних представлений человека встречались и в сравнительно недавнее время. Так, в Турции во время затмения 1877 г. перепуганные жители стреляли из ружей в Солнце, желая прогнать шайтана — злого духа, по их мнению пожиравшего Солнце.

И даже тогда, когда действительная причина солнечных затмений была уже известна ученым, все-таки часто затмение вызывало у населения страх. Люди считали, что затмение послано богом и предвещает конец мира, голод, какое-либо несчастье. Эти суеверные представления сеяли среди народа служители религиозных культов, чтобы держать народные массы в повиновении.

В русских летописях мы находим многочисленные упоминания о затмениях. Так, в Ипатьевской летописи про затмение, упомянутое в «Слове о полку Игореве», мы читаем: «Святославич Игорь, внук Олегов, поеха из Новгорода месяца апреля в 23 день, во вторник, идяхуть тихо, сбираючи дружину свою. Идущим же им к Донцу реки, в год (в час.—*Ред.*) вечерний Игорь, воззрев на небо, и виде Солнце стояще, яко месяц, и рече боярам своим и дружине своей: видите ли, что есть знамение се?»

В летописи описывается затмение 1185 г., которое было полным в Новгороде и Ярославле. Князь Игорь со своей дружиной был в это время на р. Донце, где затмение было частным. В летописи указывается, что это затмение оказалось причиной поражения Игоря в битве с половцами.

Конечно, не затмение было причиной поражения Игоря, а феодальная раздробленность Руси и междоусобица среди князей. Поэтому

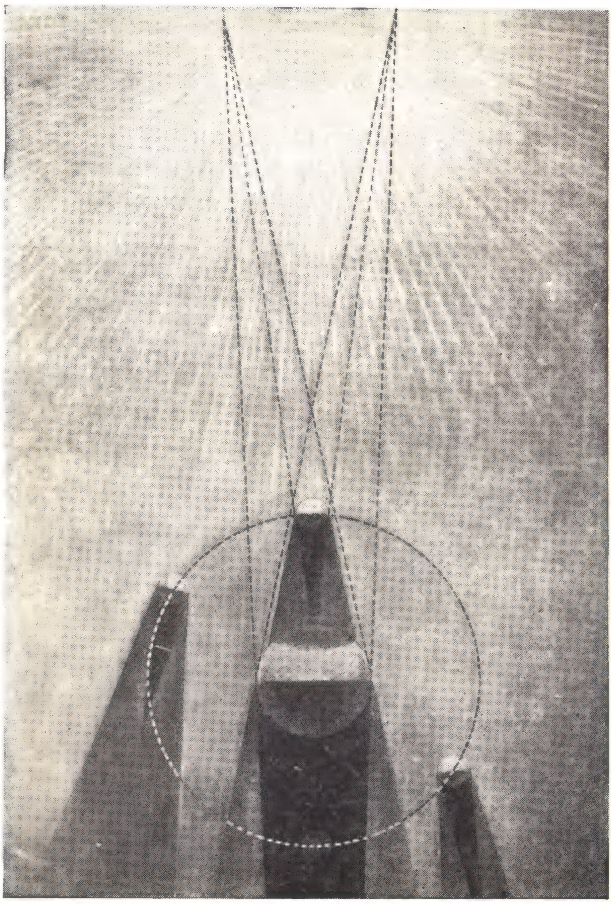
Затмение Солнца по представлению древних китайцев. Дракон пожирает Солнце.

(Со старинного рисунка.)

половцы с легкостью могли побеждать выступавшие порознь немногочисленные отряды русских князей.

И хотя летописцы не понимали истинных причин затмения, однако они оказали науке неоценимую услугу, занося в летописи описания затмений.

Много позже, в 1887 г., писатель В. Г. Короленко наблюдал, как солнечное затмение вызвало большой страх среди жителей приволжского городка Юрьевца. В своем правдивом рассказе «На затмении» Короленко описывал невежество людей, запуганных и забитых в царской России. С того времени прошло всего несколько десятков лет, и наша родина стала Советской страной. Правильное, научное объяснение явлений природы дошло до самых отдаленных уголков нашей родины. И теперь у нас едва ли найдется такой человек, у которого солнечное и лунное затмение вызвало бы страх.



Общая схема солнечного и лунного затмений. В центре — Земля, вокруг по орбите движется Луна.

Что же такое солнечное затмение?

Нам часто приходится наблюдать, как в ясный, солнечный день тень от облака, подгоняемого ветром, пробегает по земле и достигает того места, где мы находимся. Облако скрывает Солнце. Между тем другие места, находящиеся вне этой тени, остаются освещенными Солнцем.

Во время затмения Луна проходит между нами и Солнцем и скрывает его от нас.

Рассмотрим подробнее условия, при которых может наступить затмение Солнца.

Наша планета, Земля, вращаясь в течение суток вокруг своей оси, одновременно движется вокруг Солнца и за год делает полный оборот. У Земли есть спутник — Луна. Луна движется вокруг Земли и полный оборот совершает за время около месяца.

Взаимное расположение этих трех небесных тел все время меняется. При своем движении вокруг Земли Луна оказывается между Землей и Солнцем.

Луна — темный непрозрачный твердый шар. Оказавшись между Землей и Солнцем, она, словно громадная заслонка, закрывает собой Солнце.

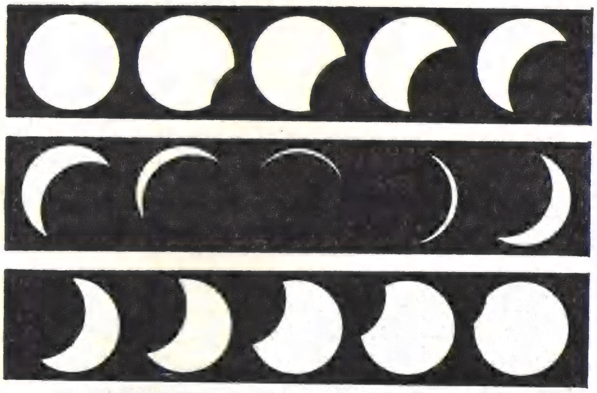
В это время та сторона Луны, которая обращена к Земле, оказывается темной, неосвещенной. Следовательно, солнечное затмение может произойти только во время новолуния. В полнолуние Луна проходит от Земли в стороне, противоположной Солнцу, и может попасть в тень, отбрасываемую земным шаром. Тогда мы будем наблюдать лунное затмение.

Среднее расстояние от Земли до Солнца составляет 149,5 млн. *км*, а среднее расстояние от Земли до Луны — 384 400 *км*. Чем ближе предмет, тем большим он нам кажется.

Луна по сравнению с Солнцем ближе к нам почти в 400 раз, и в то же время ее диаметр меньше диаметра Солнца также приблизительно в 400 раз. Поэтому видимые размеры Луны и Солнца почти одинаковы. Луна, таким образом, может закрыть Солнце.

Однако расстояния Солнца и Луны от Земли не остаются постоянными, а слегка изменяются. Происходит это потому, что пути Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли не окружности, а эллипсы.

С изменением расстояний между этими телами изменяются и их видимые размеры. Если в момент затмения лунный диск будет больше солнечного, Луна целиком закроет собой Солнце, и затмение будет **полным**. Если же во время затмения Луна будет находиться в наи-



Фазы частного солнечного затмения, которое наблюдалось в Москве 9 июля 1945 г.

большем удалении от Земли, то она будет нам казаться меньшего размера и закрыть Солнце целиком не сможет. Останется незакрытым светлый ободок Солнца, который во время затмения будет виден как яркое тоненькое кольцо вокруг черного диска Луны. Такое затмение называют **кольцеобразным**.

Казалось бы, солнечные затмения должны случаться ежемесячно (каждое новолуние).

Если бы Земля и Луна двигались в одной плоскости, то в каждое новолуние Луна действительно оказывалась бы точно на прямой линии, соединяющей Землю и Солнце, и происходило бы затмение. На самом же деле Земля движется вокруг Солнца в одной плоскости, а Луна вокруг Земли — в другой. Эти плоскости не совпадают. Поэтому часто во время новолуний Луна проходит либо выше Солнца, либо ниже.

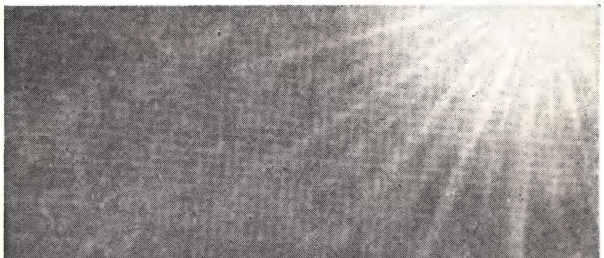
Видимый путь Луны на небе не совпадает с тем путем, по которому движется Солнце. Эти пути пересекаются в двух противоположных точках, которые называются **узлами лунной орбиты**. Вблизи этих точек пути Солнца и Луны близко подходят друг к другу. И только в том случае, когда новолуние происходит вблизи узла, оно сопровождается затмением.

Затмение будет полным или кольцеобразным, если в новолуние Солнце и Луна будут находиться почти точно в узле. Если же Солнце в момент новолуния окажется на некотором расстоянии от узла, то центры лунного и солнечного дисков не совпадут и Луна закроет Солнце лишь частично. Такое затмение называется **частным**.

Луна перемещается среди звезд с запада на восток. Поэтому закрытие Солнца Луной начинается с его западного, т. е. правого, края. Степень закрытия называется в астрономии **фазой затмения**.

Ежегодно бывает не меньше двух солнечных затмений. Так было в 1952 г.: 25 февраля — полное, которое наблюдалось в Африке, Иране, СССР, 20 августа — кольцеобразное, наблюдавшееся в Южной Америке. А вот в 1935 г. было пять солнечных затмений. Это наибольшее число затмений, которое может быть в течение одного года.

Трудно представить себе, чтобы затмения происходили так часто: ведь каждому из нас наблюдать затмения приходится чрезвычайно редко. Объясняется это тем, что во время солнечного затмения тень от Луны падает на Землю. Упавшая тень имеет форму почти круглого пятна, поперечник которого может достигать самое большее 270 *км*. Это пятно покроет лишь ничтожно малую долю земной поверхно-



Движение конца лунной тени по Земле.

сти. В данный момент только на этой части Земли будет видно полное солнечное затмение. Тень от Луны движется относительно Земли со скоростью 1 *км/сек*, т. е. быстрее ружейной пули. Малые размеры тени и большая скорость ее движения приводят к тому, что тень не может закрыть надолго какое-то одно место на земном шаре.

Полное солнечное затмение не может продолжаться более 8 минут. В нынешнем столетии наибольшая продолжительность затмений была в 1955 г. и будет в 1973 г. (не более 7 минут).

Лунная тень, двигаясь по Земле, описывает узкую, но длинную полосу, на которой последовательно наблюдается полное солнечное затмение. Протяженность полосы полного солнечного затмения достигает нескольких тысяч километров. И все же площадь, покрываемая тенью, оказывается незначительной по сравнению со всей поверхностью Земли. Кроме того, в полосе полного затмения часто оказываются океаны, пустыни и малонаселенные районы Земли.

Вокруг пятна лунной тени располагается область полутени, где затмение бывает частным. Поперечник области полутени составляет около 6—7 тыс. *км*. Для наблюдателя, который будет находиться вблизи края этой области, лишь незначительная доля солнечного диска покроется Луной. Такое затмение может вообще пройти незамеченным.

Можно ли предсказать наступление затмения?

Ученые еще в глубокой древности установили, что через 6585 дней 8 часов, что составляет 18 лет 11 дней 8 часов, затмения повторяются. Происходит это потому, что именно через этот промежуток времени расположение в пространстве Луны, Земли и Солнца повторяется. Этот промежуток был назван с á р о с о м, что значит «повторение».

В течение одного сароса в среднем бывает 43 солнечных затмения, из них 15 частных, 15 кольцеобразных и 13 полных. Прибавляя к датам затмений, наблюдавшихся в течение одного сароса, 18 лет 11 дней и 8 часов, мы сможем предсказать наступление затмений в будущем.

25 февраля 1952 г. произошло солнечное затмение. Мы легко определим, что оно повторится 7 марта 1970 г., затем 18 марта 1988 г. и т. д. (см. табл. на стр. 524).

Однако в саросе содержится не целое число дней, а 6585 дней и 8 часов. За эти 8 часов Земля повернется на треть оборота и будет обращена к Солнцу уже другой своей стороной. Поэтому следующее затмение будет наблюдаться в другом районе Земли.

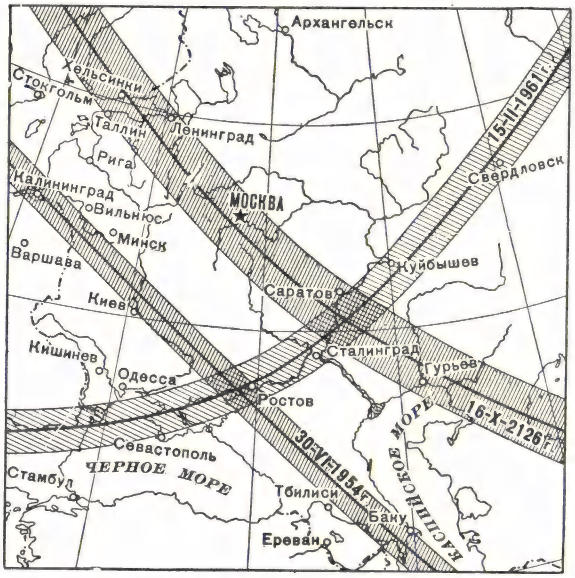
Так, полоса затмения 1952 г. прошла через Центральную Африку, Аравию, Иран, СССР. Затмение же 1970 г. будет наблюдаться как полное только жителями Мексики и Флориды.

В одном и том же месте Земли полное солнечное затмение наблюдается один раз в 250—300 лет.

Как видите, предсказать день затмения очень легко. Предсказание точного времени его наступления и условий его видимости — трудная задача; чтобы решить ее, астрономы в течение нескольких столетий изучали движение Земли и Луны. В настоящее время затмения предсказывают очень точно. Ошибка в предсказании момента наступления не превосходит 2—4 секунд.

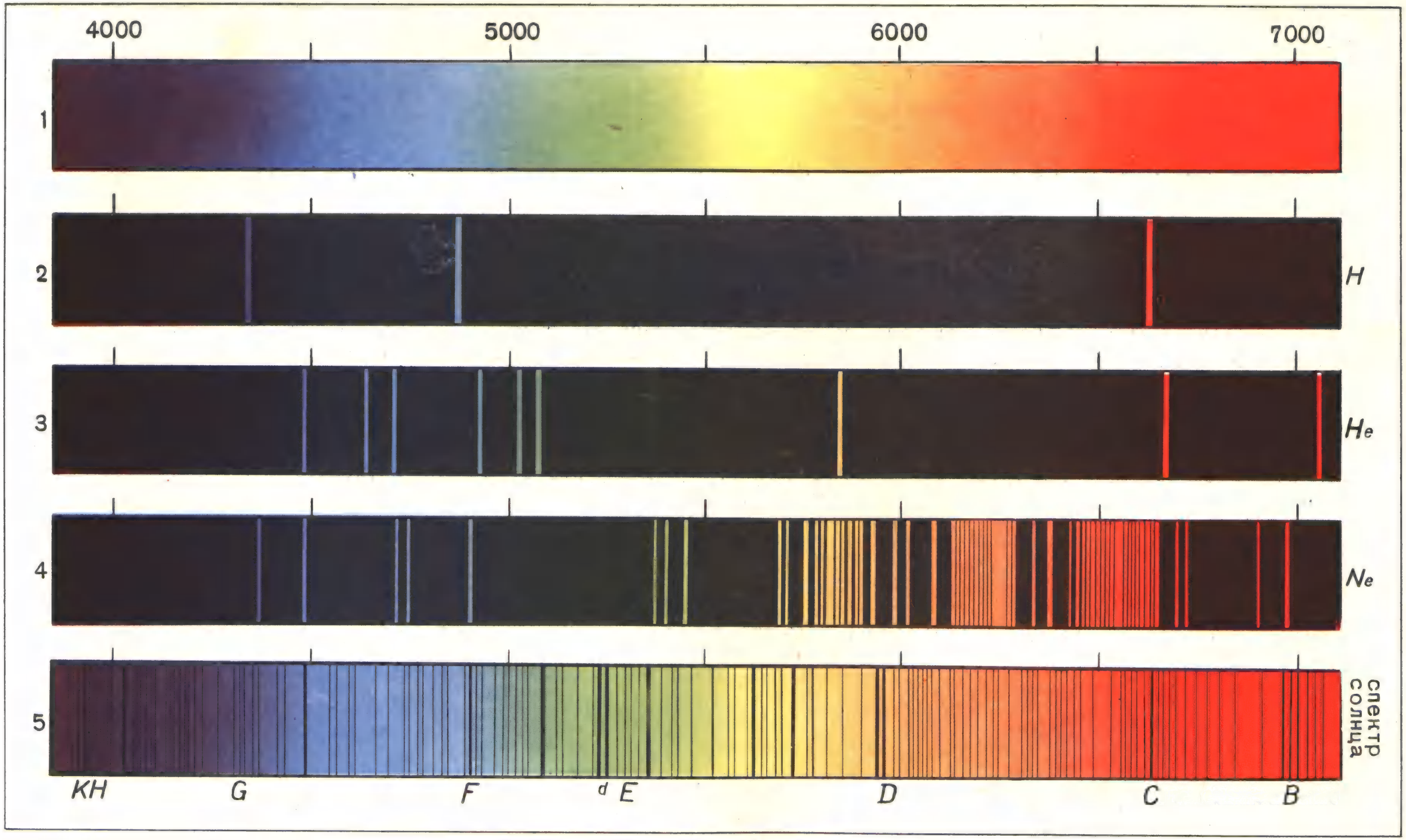
Крупнейший в мире специалист по предвычислению затмений — директор Пулковской обсерватории проф. А. А. Михайлов.

Точным вычислением можно восстановить время и условия видимости какого-нибудь затмения, наблюдавшегося в той или другой местности в древние времена. Если затмение это сопоставлено в летописи с каким-нибудь историческим событием, то мы можем определить дату этого события. Древний историк Геродот указывал, что во время битвы между ли-



Карта видимости некоторых полных солнечных затмений.

Протуберанцы в солнечной короне.



Спектры некоторых элементов сравнительно со спектром Солнца.

дийцами и мидянами произошло полное солнечное затмение. Оно так поразило сражавшихся, что положило конец войне. Историки колебались относительно времени этого события, относя его ко времени между 626 и 583 гг. до н. э., но астрономическое вычисление точно показывает, что затмение происходило 28 мая 585 г. до н. э. Установление точной даты этой битвы пролило свет и на хронологию некоторых других исторических событий. Так астрономы оказали большую помощь историкам.

Астрономы вычислили условия видимости солнечных затмений на много лет вперед. Ближайшее полное солнечное затмение, видимое на территории СССР (в Крыму, Поволжье и на Урале), произойдет 15 февраля 1961 г.

Солнце имеет решающее значение для жизни нашей планеты, и поэтому детальное изучение его строения представляет очень важную задачу.

Во время полного солнечного затмения можно наблюдать внешние слои Солнца, его атмосферу — хромосферу и корону. Солнечная корона — это то чудесное серебристо-жемчужное лучистое сияние, которое можно видеть, когда черный диск Луны закрывает собой ослепительно яркую поверхность Солнца. В обычное время яркий солнечный свет мешает наблюдать слабое сияние короны. Внутренняя часть короны — более яркая, внешняя — менее яркая, ее лучи достигают в длину диаметра Солнца и даже больше.

Но затмения продолжаются всего несколько минут. Чтобы лучше изучить их, астрономы широко используют фотографию. Для наблюдения затмений Солнца астрономам приходится отправляться в далекие экспедиции. Так, например, в 1947 г. экспедиция советских астрономов и физиков ездила для наблюдения затмения в Бразилию.

В нашей стране астрономам, как и всем ученым, предоставлены огромные возможности для развития науки. В наблюдении затмения 1936 г. участвовало 28 экспедиций. Полоса полной фазы этого затмения пролегала от берегов Черного моря до Дальнего Востока. Лунная тень прошла это расстояние за 2 часа. Значит, если разместить экспедиции вдоль полосы затмения, то на фотографиях, полученных различными экспедициями, будут запечатлены все изменения, которые произошли за это время в короне Солнца. Так и сделали при наблюдении затмения. А чтобы удобнее было сравнивать снимки, полученные в разное время, использовались совершенно однотипные приборы — стандартные

Экспедиция, наблюдавшая солнечное затмение 25 февраля 1952 г.

коронографы — фотографические камеры, с помощью которых получают снимки Солнца и короны в большом масштабе.

Подготовка к затмению 25 февраля 1952 г. была проведена под руководством специальной комиссии по наблюдению солнечного затмения при Академии наук СССР.

Свыше 10 экспедиций съехалось в полосу полного затмения, которая проходила от Ашхабада до озера Балхаш. Так же наблюдали затмение и в 1954 г.

Во время затмения ученые всецело поглощены работой у своих инструментов: производят все операции с фотоаппаратами, сменяют светофильтры, записывают показания приборов и часто не имеют возможности даже взглянуть на небо.

А между тем вокруг раскрывается необыкновенная по своей красоте картина, оставляющая неизгладимое впечатление. Солнечное затмение сопровождается рядом очень любопытных явлений в окружающей природе. По мере того как уменьшается светящийся серп Солнца, тени от разных предметов делаются все более резкими. Когда Солнце представится в виде узкого серпа, у предметов, расположенных параллельно серпу, тени будут особенно резки, а полутени почти не будет. При других положениях предметов относительно серпа Солнца тени будут несимметричны (это легко заметить по тени от растопыренных пальцев руки).

За несколько десятков секунд до момента полного затмения, а также после его окончания по поверхности Земли проносятся волнообразные так называемые «бегущие тени», напоминающие рябь на воде. Это струйки воздуха, освещенные тонким, но ярким пучком солнечных лучей.

В самый момент затмения кругом по горизонту наблюдается красновато-оранжевое сияние, называемое заревым кольцом.

Очень интересно наблюдать за поведением животных во время затмения: они ведут себя необычно, проявляют беспокойство. Так, например, отмечалось, что во время затмения 1936 г. полевые мыши, вместо того чтобы скрываться от приближающегося человека, в смятении направлялись к нему, как бы в поисках защиты. Явление солнечного затмения может дать богатый материал для наблюдений юным любителям природы.

Если вам когда-нибудь представится случай наблюдать полное солнечное затмение, не пропустите его. Только помните: смотреть на Солнце во время частной фазы простым глазом или в бинокль нельзя, можно испортить зрение. Смотреть надо через закопченное стекло или проявленную на полном свету фотографическую пластинку. На солнечную же корону можно смотреть без всяких стекол, но ее лучше видно в бинокль.

К числу необыкновенных небесных явлений относятся также лунные затмения. Происходят они так: полный светлый круг Луны начинает темнеть у своего левого края, на лунном диске появляется круглая бурая тень, которая продвигается все дальше и дальше и примерно через час покрывает всю Луну. Луна меркнет и становится красно-бурого цвета.

Лунные затмения, как мы уже говорили, происходят потому, что во время полнолуния между Луной и Солнцем находится Земля. Солнечные лучи перехватываются Землей и на Луну не попадают.

По той же причине, по которой солнечные затмения бывают не каждое новолуние, лунные затмения происходят не каждое полнолуние. Наибольшее число лунных затмений в году — 3, но бывают годы совсем без затмений; таким был, например, 1951 год.

Диаметр Земли больше диаметра Луны почти в 4 раза, а тень от Земли даже на расстоянии Луны более чем в $2^1/_2$ раза превосходит размеры спутника Земли. Луна может целиком погрузиться в земную тень. Полное лунное затмение гораздо продолжительнее солнечного: оно может длиться 1 час 40 минут.

Лунные затмения повторяются через тот же промежуток времени, что и солнечные. В течение этого промежутка в 18 лет 11 дней 8 часов (сарос) бывает 28 лунных затмений, из них 15 частных и 13 полных. Как видите, число лунных затмений в саросе значительно меньше солнечных, и все же лунные затмения можно наблюдать чаще солнечных. Это объясняется тем, что Луна, погружаясь в тень Земли, перестает быть видимой одновременно на всей той половине Земли, которая не освещена Солнцем.

Затмившаяся Луна не исчезает совершенно, как Солнце во время солнечного затмения, а бывает слабо видимой. Происходит это потому, что часть солнечных лучей проходит сквозь земную атмосферу, преломляется в ней и входит внутрь земной тени, попадая и на Луну.

Так как воздух пропускает преимущественно красные лучи, то Луна приобретает во время затмения медно-красный или бурый оттенок.

В прошлом лунные затмения также вселяли страх. Они считались дурным предзнаменованием. Как солнечные, так и лунные затмения не требуют для своего объяснения никаких сверхъестественных сил; наука раскрыла подлинную причину этих явлений.

ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

ДАЛЕКИЕ «ЗЕМЛИ»

С древнейших времен люди знали те особые светила на небе, которые называются планетами. По внешнему виду они похожи на звезды, но отличаются от них тем, что непрерывно кочуют по небу, перемещаясь из одного созвездия в другое. Пути их сложны. Если нарисовать на звездной карте путь какой-нибудь планеты, то получится линия с какими-то неправильными петлями и изгибами. Планета движется сначала справа налево все вперед и вперед. Потом оста-

навливается и, помедлив, поворачивает назад. Пройдя немного в обратную сторону, она снова направляется вперед и движется все быстрее и быстрее до новой остановки.

Древние ученые настойчиво стремились разгадать это странное движение планет, но не смогли этого сделать. Мы теперь знаем, что их попытки были неудачны потому, что они ошибочно считали Землю неподвижным центром всего мироздания.

Земля сама является одной из планет и обращается вокруг Солнца. Можно сказать, что планеты — это другие «земли». Движение планет на небе кажется нам причудливым потому, что, смотря на них, мы в то же время движемся вместе с Землей.

И действительно, Солнце вместе с планетами и спутниками планет составляет солнечную, или планетную, систему. Путь каждой планеты — приблизительно окружность, по которой эта планета обходит Солнце. У каждой планеты есть свой путь, или своя орбита, как говорят астрономы.

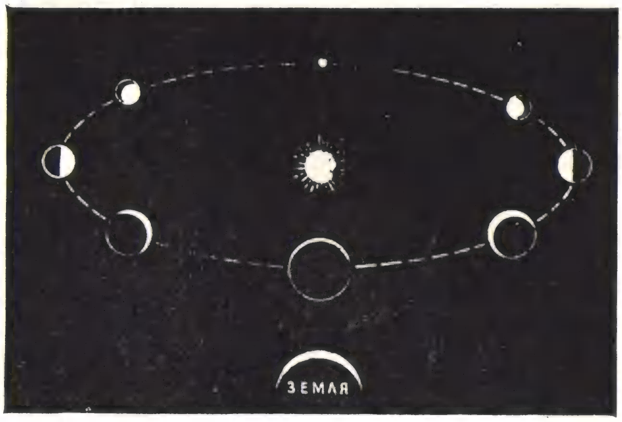
Чем ближе планета к Солнцу, тем меньше ее орбита, тем короче тот путь, который ей приходится пробегать. Кроме того, близкая от Солнца планета движется по своему пути быстрее, чем далекая; поэтому и время оборота планеты вокруг Солнца тем короче, чем ближе она к Солнцу.

Заметив планеты очень давно, люди придумали для них названия, которые сохранились до наших дней. Не понимая действительной причины движений планет, люди объясняли движения планет желаниями и капризами тех богов, которым сами в то время поклонялись. Поэтому планетам дали имена богов и богинь из религиозных сказок — мифов. Так попали на страницы современных научных книг по астрономии такие имена древнеримских богов, как Меркурий — бог торговли, Венера — богиня красоты, Марс — бог войны и др.

Планеты подобны Земле не только по своему месту в солнечной системе, но и по своему движению. Они и по природе своей во многом похожи на земной шар. Теперь мы знаем, что на многих планетах, как и на Земле, есть атмосфера и облака. На некоторых планетах возможно существование жизни.

МЕРКУРИЙ — МИР ЖАРА И ХОЛОДА

Изучение планет мы начнем с той из них, которая находится ближе всего к Солнцу. Ее называют Меркурий. Свою короткую орбиту Меркурий обегает за 88 дней. Значит, год на нем короче наших трех месяцев.



Фазы Меркурия.

Меркурий — яркое светило, но увидеть его на небе не так просто. Дело в том, что, находясь вблизи Солнца, Меркурий всегда виден для нас недалеко от солнечного диска, отходя от него то влево (к востоку), то вправо (к западу) только на небольшое расстояние, которое не превосходит 28°. Поэтому его можно увидеть только в те дни года, когда он отходит от Солнца на самое большое расстояние.

Пусть, например, Меркурий отодвинулся от Солнца влево. Солнце и все светила в своем суточном движении плывут по небу слева направо. Поэтому сначала заходит Солнце, а через час с небольшим заходит и Меркурий. Вот в течение этого часа, который проходит между закатом Солнца и заходом Меркурия, и надо искать эту планету низко над западным горизонтом. Плохо то, что небо в это время на западе светлое — на нем заря. Поэтому на севере СССР, например в Ленинграде, где заря пылает часа два, найти Меркурий удается очень редко. Другое дело на юге: там сумерки короткие, заря гаснет быстро и Меркурий часто удается увидеть на уже потемневшем небе.

Если рассматривать Меркурий в сильный телескоп, то вместо звездочки он будет выглядеть, как маленькая Луна, имея очертания либо узкого серпика, либо полукруга. Это происходит по той же причине, что и смена фаз Луны. Меркурий — темный шар, собственного света он не дает и сияет на небе за счет отражения солнечных лучей. На той половине Меркурия, которая повернута к Солнцу,— день, а на другой — ночь. Мы видим только освещенную часть планеты.

Предполагаемый вид поверхности Меркурия.

Диаметр Меркурия в $2^1/_2$ раза меньше диаметра Земли и в $1^1/_2$ раза больше диаметра Луны.

Измерения яркости света показывают, что поверхность Меркурия покрыта какими-то темными изрытыми каменными породами коричневатого оттенка.

В сильный телескоп на Меркурии можно заметить темные пятна, имеющие примерно такой же вид, как «моря» Луны для невооруженного глаза. Наблюдая за этими пятнами, ученые установили одну важную особенность. Двигаясь по своему пути вокруг Солнца, Меркурий вместе с тем поворачивается вокруг своей оси так, что к Солнцу обращена всегда одна и та же его половина. Это значит, что на одной стороне Меркурия всегда день, а на другой — всегда ночь.

Меркурий гораздо ближе к Солнцу, чем Земля. Поэтому Солнце на нем светит и греет в 7 раз сильнее, чем у нас. На дневной стороне Меркурия страшно жарко, там вечное пéкло. Измерения показывают, что температура там поднимается до 400° выше нуля. Зато на ночной стороне должен быть всегда сильный мороз, который, вероятно, доходит до 200° и даже до 250° ниже нуля.

На такой планете не может быть ни океанов, ни атмосферы. Действительно, самые тщательные наблюдения не обнаружили на Меркурии никаких признаков воздушной оболочки.

Итак, Меркурий — это царство пустынь. Одна его половина — горячая каменная пустыня, другая половина — ледяная пустыня, быть может покрытая замерзшими газами.

«ВЕЧЕРНЯЯ ЗВЕЗДА» — ВЕНЕРА

Вторая по порядку от Солнца планета — Венера. В противоположность Меркурию, найти ее на небе очень легко. Каждому случалось замечать, как иной раз вечером на совсем еще светлом небе загорается «вечерняя звезда». По мере того как гаснет заря, Венера становится все ярче и ярче, а когда совсем стемнеет и появляются другие звезды, она резко выделяется среди них. Но светит Венера недолго. Проходит час-другой, и она заходит. В середине ночи она не появляется никогда, но зато бывает время, когда ее можно видеть по утрам, перед рассветом, в роли «утренней звезды». Уже совсем рассветет, давно исчезнут все остальные звезды, а Венера все светит и светит на ярком фоне утренней зари.

Люди знали Венеру с незапамятных времен. С ней было связано множество легенд и поверий. В древности думали, что это два разных светила: одно появляется по вечерам, другое — по утрам. Потом догадались, что это одно и то же светило, красавица неба, «вечерняя и утренняя звезда» — Венера. «Вечерняя звезда» не раз была воспета поэтами и композиторами, описана в произведениях великих писателей, изображена на картинах знаменитых художников.

По силе блеска Венера третье светило неба, если первым считать Солнце, а вторым — Луну. Не удивительно, что ее можно иногда увидеть и днем — в виде белой точки на небе.

Орбита Венеры лежит внутри земной орбиты, и она обегает вокруг Солнца за 224 дня, или $7^1/_2$ месяца. В том, что Венера ближе к Солнцу, чем Земля, и кроется причина особенностей ее видимости. Подобно Меркурию, Венера может отойти от Солнца только на определенное расстояние, которое не превышает 46°. Поэтому она заходит не позднее, чем через 3—4 часа после заката Солнца, и восходит не раньше, чем за 3—4 часа до наступления утра.

Уже в самый слабый телескоп видно, что Венера не точка, а шар, одна сторона которого освещается Солнцем, в то время как другая погружена во мрак.

Следя за Венерой изо дня в день, можно заметить, что она, подобно Луне и Меркурию, проходит всю смену фаз.

Венеру обычно легко разглядеть в полевой бинокль. Бывают люди с таким острым зрением, что они видят серпик Венеры даже невооруженным глазом. Это происходит по двум причинам: во-первых, Венера сравнительно большая, она лишь чуть меньше земного шара; во-вторых, она в известных положениях подходит к Земле близко, так что расстояние до нее снижается с 259 до 40 млн. *км*. Это самое близкое к нам крупное небесное тело после Луны.

В телескоп Венера кажется очень большой, гораздо больше, чем Луна для невооруженного глаза. Казалось бы, на ней можно рассмотреть много всяких подробностей, например горы, долины, моря, реки. На самом деле это не так. Сколько ни разглядывали астрономы Венеру, их всегда постигало разочарование. Видимая поверхность этой планеты всегда белая, однообразная, и на ней ничего не видно, кроме неопределенных тусклых пятен. Почему это так? Ответ на этот вопрос дал великий русский ученый М. В. Ломоносов.

Венера ближе к Солнцу, чем Земля. Поэтому иногда она проходит между Землей и Солнцем, и тогда ее можно увидеть на фоне ослепительного солнечного диска в виде черной точки. Правда, это бывает очень редко. В последний раз Венера проходила перед Солнцем в 1882 г., а в следующий раз это будет в 2004 г.

Прохождение Венеры перед Солнцем в 1761 г. наблюдал в числе многих других ученых М. В. Ломоносов. Внимательно следя в телескоп за тем, как темный кружок Венеры появляется на огненном фоне солнечной поверхности, он заметил новое, до того никому не известное явление. Когда Венера покрыла диск Солнца больше, чем на половину своего поперечника, вокруг остальной части шара Венеры, находившейся еще на темном фоне неба, вдруг появился огненный ободок, тонкий, как волос. То же самое было видно и тогда, когда Венера сходила с солнечного диска. Ломоносов пришел к выводу, что все дело в атмосфере — слое газа, который окружает Венеру. В этом газе солнечные лучи преломляются, огибают непрозрачный шар планеты и появляются для наблюдателя в виде огненного ободка. Подводя итоги своим наблюдениям, Ломоносов писал:

«Планета Венера окружена знатною воздушною атмосферою...»

Это было очень важным научным открытием. Коперник доказал, что планеты подобны Земле по своему движению. Галилей первыми наблюдениями в телескоп установил, что планеты — это темные, холодные шары, на которых бывает день и ночь. Ломоносов доказал, что на планетах, как и на Земле, может быть воздушный океан — атмосфера.

Воздушный океан Венеры во многом отличается от нашей, земной атмосферы. У нас бывают пасмурные дни, когда в воздухе плавает сплошной непрозрачный покров туч, но бывает и ясная погода, когда сквозь прозрачный воздух днем светит Солнце, а ночью видны тысячи звезд. На Венере же всегда пасмурно. Ее атмосфера все время затянута белым облачным покровом. Его мы и видим, когда рассматриваем Венеру в телескоп.

Твердая же поверхность планеты оказывается недоступной для наблюдений: она скрывается за плотной облачной атмосферой.

А что же находится под этим облачным покровом, на самой поверхности Венеры? Есть ли там материки, моря, океаны, горы, реки? Этого мы еще не знаем. Облачный покров не дает возможности подметить какие-либо подробности

Венера на вечернем небе.

на поверхности планеты и выяснить, как быстро они перемещаются из-за вращения планеты. Поэтому нам неизвестно, с какой скоростью вращается Венера вокруг оси. Об этой планете мы можем лишь сказать, что на ней очень тепло, гораздо теплее, чем на Земле, потому что она ближе к Солнцу. И еще установлено, что в атмосфере Венеры много углекислого газа. Что касается остального, то рассказать об этом смогут только будущие исследователи.

ЗЕМЛЯ

После Венеры по степени отдаленности от Солнца идет Земля. На этой планете живем мы с вами и для ее изучения не нужно прибегать к огромным телескопам. Поэтому природа Земли изучается и описывается не астрономами, а географами. Тем не менее Земля — тоже светило. Какой же она выглядела бы для наблюдателя, находящегося на другом небесном теле?

Если смотреть с Луны, Земля будет казаться большим диском, который по поперечнику будет почти в 4 раза больше лунного диска, рассматриваемого с Земли. Ведь действительный, или линейный, диаметр Земли почти в 4 раза больше поперечника Луны.

Земля для лунного наблюдателя проходит такую же смену фаз, какую мы знаем для Луны. Иначе и быть не может, поскольку ночная сторона земного шара темная, а дневная — светлая. По времени «земные фазы» точно противоположны лунным. Когда мы любуемся полной Луной, к Луне бывает обращена темная половина Земли, т. е. наступает момент «новоземлия». Когда у нас новолуние, на Луне наступает «полноземлие» и Земля с Луны видна, как диск, освещенный полностью. Свет полной Земли на Луне приблизительно в 100 раз сильнее лунного света у нас. В том, что это так, можно было убедиться, измеряя яркость пепельного света на Луне, который как раз и получается за счет земного освещения на темной стороне лунного диска.

Такая сила земного освещения обусловлена двумя причинами: во-первых, Земля крупнее, и потому ее диск по площади в 14 раз больше лунного; во-вторых, Земля лучше отражает солнечные лучи, так как имеет более светлую окраску. Это, в свою очередь, происходит оттого, что на Луне нет никакой атмосферы, а на Земле есть.

Если смотреть на Землю с Луны, то она будет совсем не похожа на те глобусы, к которым мы привыкли в школе. Вместо очертаний материков и океанов, которые так пестро раскрашены на глобусах, больше половины диска Земли будет занято причудливым и изменчивым узором каких-то белых пятен. Эти пятна — не что иное, как облака и тучи, закрывающие от постороннего взора расположенную под ними местность. В промежутках между ними можно будет разглядеть очертания берегов, контуры пустынь, лесов и особенно снегов, однако и там все это будет видно не особенно ясно из-за голубой воздушной дымки. Эта дымка хорошо известна всем, кто с возвышенности любовался далями, всем пилотам, летающим на больших высотах; получается она от сильного отражения голубых лучей слоями воздуха, в которых рассеивается солнечный свет. Вот это воздушно-облачное одеяние и является причиной того, что Земля отражает в пространство 40—50% падающих на нее солнечных лучей, в то время как Луна отражает менее 7% (см. рис., стр. 374—375).

Если смотреть на Землю с Венеры или Марса, то она будет казаться очень яркой звездой чуть-чуть голубоватого оттенка.

Недалеко от нее невооруженным глазом можно будет разглядеть Луну.

«КРАСНАЯ ЗВЕЗДА» — МАРС

Ближайший сосед Земли со стороны, противоположной Солнцу, замечателен своим красным цветом, напоминающим огонь. Вероятно, за этот цвет древние римляне дали планете имя бога войны Марса.

Марс удален от Солнца в среднем на 228 млн. *км*. Весь свой путь вокруг Солнца Марс проходит за 687 дней, или за 1 год и 11 месяцев. Поскольку Марс и Земля движутся в одну и ту же сторону, Земля через каждые 2 года и 50 дней обгоняет Марс на целый оборот; в это время Марс и Земля находятся по одну сторону от Солнца, приблизительно на одной прямой линии. Такое положение Марса по отношению к Земле астрономы называют *противостоянием*.

Планеты движутся вокруг Солнца не по окружности, а по эллипсу. Поэтому расстояние между путями Марса и Земли не везде одинаково. Если противостояние случается там, где эти пути сходятся всего ближе, то от Земли до Марса бывает всего 55 млн. *км*. Такое противостояние называется *великим*: оно повторяется каждые 15—17 лет. Во время противостояния Марс сияет на небе всю ночь в виде очень

яркой звезды огненного цвета. Тогда он наиболее удобен для наблюдений.

По удаленности от Земли Марс занимает третье место после Луны и Венеры.

Оттого, что Марс бывает от Земли сравнительно недалеко, его хорошо можно рассмотреть в телескоп. Правда, диаметр Марса невелик, почти вдвое меньше диаметра Земли, но в телескоп он выглядит довольно крупным диском. Бо́льшая часть поверхности Марса покрыта пятнами желтого или красноватого цвета. Такие пятна на Марсе называют материками. На фоне материков легко заметить узор из каких-то темных пятен, которые когда-то назвали морями. Правда, потом выяснилось, что на самом деле это совсем не моря: воды в них нет. Но названия «моря» и «заливы» на картах Марса остались, только их теперь понимают так же условно, как и «моря» на Луне.

Если следить за Марсом всю ночь, то будет видно, как темные пятна «морей» на одной стороне появляются из-за края, а на другой скрываются за краем. Это значит, что Марс вращается вокруг своей оси, совсем как наш земной шар. Значит, там, как и у нас, бывает смена дня и ночи. Даже продолжительность суток на Марсе почти такая же, как и на Земле, — 24 часа 37 минут.

Наклон оси Марса такой же, как и у земной оси. Из-за наклона земной оси у нас бывает смена времен года. Значит, на Марсе тоже бывает весна, лето, осень, зима. Можем ли мы увидеть на Марсе что-нибудь такое, что подтверждало бы эту смену тепла и холода? Да, можем.

На Марсе, как и на Земле, два полюса: северный и южный. Когда на одном полюсе лето, то на другом зима.

Если смотреть в телескоп на тот полюс Марса, на котором зима, то будет видно, что вся местность там занята каким-то ярко-белым покровом. Белая шапка покрывает зимнюю часть Марса, и эту полярную шапку легко заметить даже в небольшой телескоп.

Но вот наступает весна. И тут на наших глазах белый покров начинает разрушаться, как бы таять. Края его быстро подвигаются к полюсу, освобождая скрытую под ним темную поверхность. Это разрушение белого покрова продолжается все лето, и к осени его остается совсем немного, у самого полюса. А с осени белый покров опять разрастается, надвигаясь на окружающие местности.

Что же это за светлое вещество, которое появляется с осенними холодами и уничтожается весенним теплом? Ну, конечно, снег! Ведь

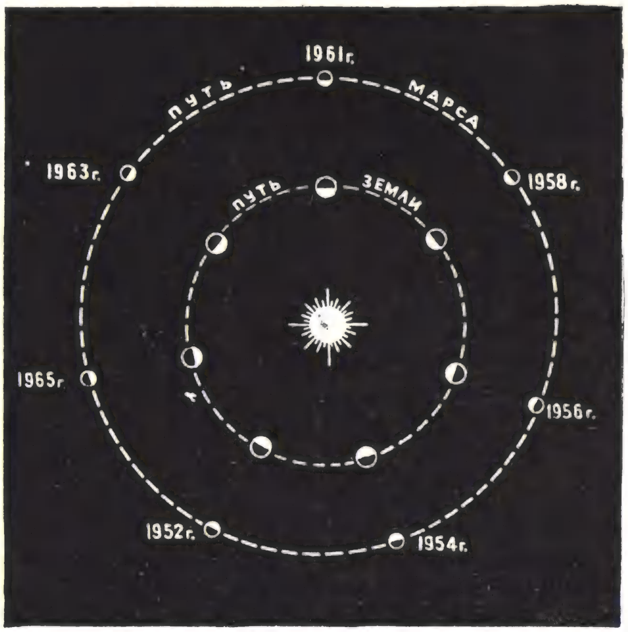


Схема расположения Земли и Марса при ближайших противостояниях.

и на Земле белый снеговой покров каждую осень распространяется все дальше к экватору, а весной тает и отходит к полюсу. Правда, на Марсе не так тепло, как у нас. Марс от Солнца дальше, и потому солнечные лучи там светят и греют в $2^1/_2$ раза слабее, чем на Земле. Поэтому даже на экваторе, в самой жаркой зоне Марса, в полдень почва нагревается только до 10—20° тепла, а по ночам там всегда бывают очень сильные морозы. Зимой на Марсе температура доходит до 60—70° ниже нуля. Но там, где Солнце летом совсем не заходит и царит непрерывный летний день, подолгу бывает тепло, температура колеблется от 0 до 10° тепла.

То, что на Марсе появляется и пропадает снег, очень важно. Из этого следует, что на нем есть вода и есть атмосфера. В ней водяные пары переносятся в разные стороны и осаждаются в виде снега. Воды на Марсе очень немного. Подсчитано, что весь ее запас составляет примерно столько, сколько ее содержится в Ладожском озере. И атмосфера на Марсе совсем не такая, как у нас. Над каждым участком его поверхности воздуха в 8 раз меньше, чем на Земле, и потому воздух там очень разреженный, примерно такой, как в нашей атмосфере на высоте 15—20 *км* над земной поверхностью.

На Земле почти повсюду есть жизнь. С тех пор как Коперник доказал, что планеты — это

далекие «земли», ученых не переставал волновать вопрос: есть ли там какая-нибудь жизнь? Ведь законы природы везде одни и те же. Поэтому раз на Земле возникли живые существа, то и на других планетах они тоже могли возникнуть, если только там имеются для этого подходящие условия.

Условия же эти следующие: нужна атмосфера, содержащая кислород, необходима вода, нужна подходящая температура, т. е. должно быть не слишком жарко и не слишком холодно.

На Луне жить нельзя, потому что там нет ни воздуха, ни воды. По той же причине не может быть жизни и на Меркурии. На Венере жизнь, может быть, и есть, только мы про нее еще ничего не знаем, так как там все закрыто облаками.

Другое дело — Марс. Мы видим многое из того, что на нем делается, и нам известно, что на нем есть и вода, и воздух и временами бывает достаточно тепло. Правда, ни люди, ни наши звери не могли бы там жить: они задохнулись бы в разреженной атмосфере. Вряд ли могли бы там расти и наши земные растения. Но это совсем не значит, что на Марсе нет жизни. Ведь живые существа всегда приспособляются к существующим условиям. На Земле они приспособлены к плотной, теплой и влажной атмосфере. На Марсе существуют, возможно, какие-то свои виды растений, которые столь же хорошо приспособлены к атмосфере разреженной, прохладной и сухой.

Все эти соображения, конечно, правильны. Но можно ли их подтвердить практически наблюдениями Марса?

Вид и цвет тех темных пространств на Марсе, которые когда-то по ошибке называли «морями», значительно меняется по временам года. Весной они темнеют и из серо-коричневых становятся зеленоватыми или голубыми. Осенью они опять выцветают: светлеют, сереют. В этих изменениях окраски некоторые ученые видят появление и исчезновение растительности. Например, старейший советский исследователь Марса Г. А. Тихов говорит:

«Прежде всего, это должна быть растительность низкорослая, жмущаяся к почве. В основном это должны быть травы и стелющиеся кустарники зеленого или голубого цвета».

И это все? — разочарованно спросит читатель. Трава, мох, низкорослые кусты — мы ждали не этого. Мы слышали про каналы, города и разумных обитателей на Марсе. Где же это?

Да, действительно, на Марсе видны какие-то узкие длинные полосы, они очень ровные и правильные. Поэтому прежде некоторые ученые высказывали предположение, что это какие-то искусственные сооружения, нечто вроде тех грандиозных оросительных каналов, которые построены у нас на Земле; или же это широкие полосы растительности, которые тянутся по берегам не видимого нам узкого канала.

Однако в настоящее время ученые считают, что никаких разумных существ на Марсе нет, а каналы, если они существуют, вовсе не являются искусственными сооружениями.

Существует мнение, что никаких каналов на Марсе вообще нет, а есть лишь цепочки из темных пятен, которые при наблюдении сливаются и производят впечатление прямолинейных каналов. Пока природа Марса и вопрос о возможности жизни на нем изучены недостаточно.

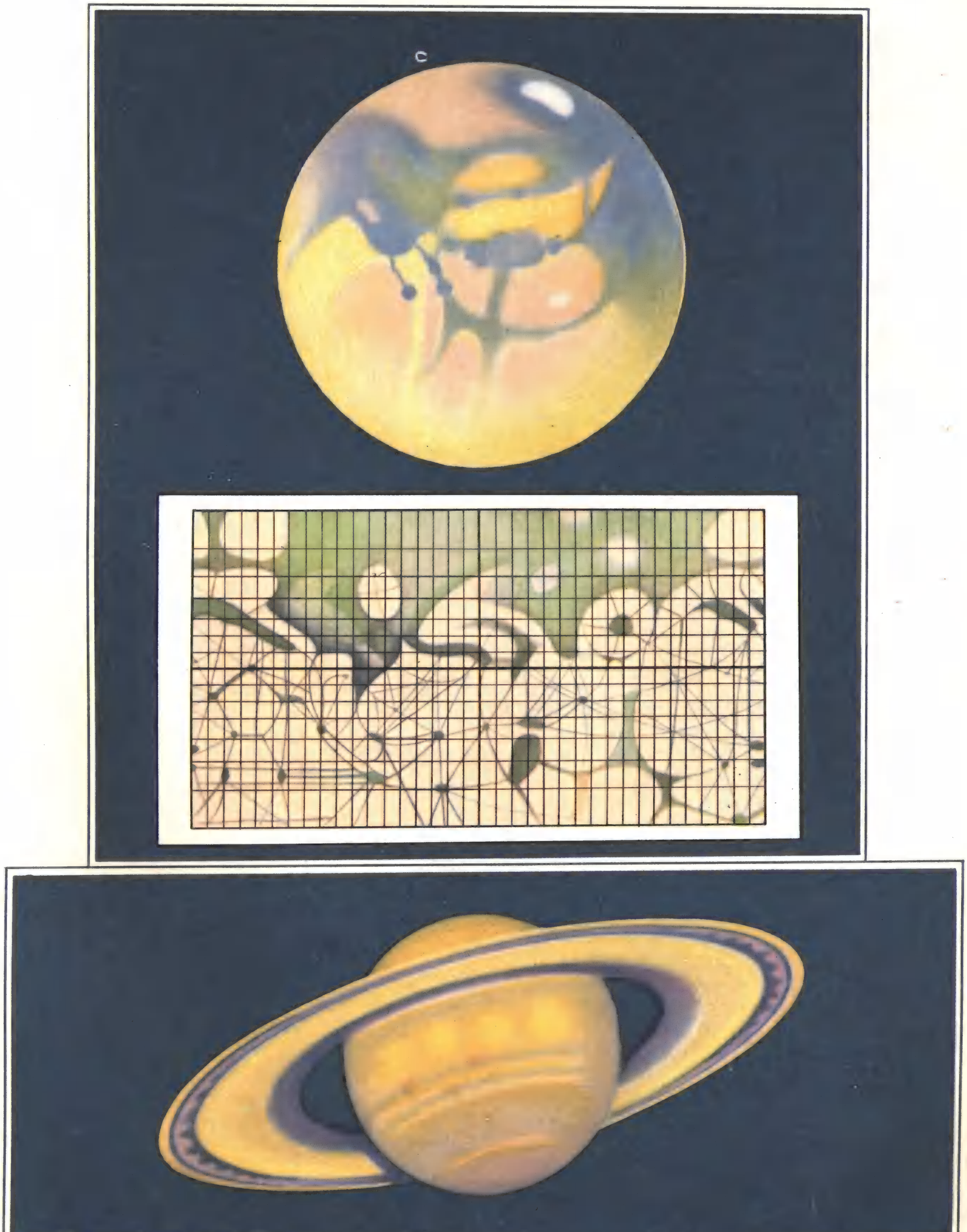
Мы знаем, что у Земли есть спутник — Луна. У Меркурия и Венеры спутников нет. Зато у Марса есть целых две «луны» — два крошечных спутника. Их назвали Фобос и Деймос, что по-гречески значит «Страх» и «Ужас». Один из них имеет поперечник 15 *км*, другой — всего 8 *км*. Расстояние от Фобоса до Марса составляет всего только 9500 *км*, а расстояние от Деймоса — 23 500 *км*. Время оборота Фобоса вокруг Марса составляет 7 часов 39 минут. Этот спутник наперекор всем другим светилам восходит на западе и движется по небосводу к востоку, подобно искусственным спутникам Земли.

ПЛАНЕТА-ГИГАНТ — ЮПИТЕР

Юпитер — самая крупная из всех планет солнечной системы. Он находится от Солнца на расстоянии 778 млн. *км* — в 5 раз дальше, чем Земля, и проходит свой путь вокруг Солнца за 12 лет.

Диаметр Юпитера в 11 раз больше Земли, а по объему из Юпитера можно было бы сделать 1345 таких шаров, как Земля. Но, обладая такими огромными размерами, Юпитер по массе только в 318 раз больше Земли. Это значит, что Юпитер состоит из совсем другого вещества, чем Земля. Наш земной шар сложен из тяжелых каменных пород, а в его центре некоторые ученые предполагают даже ядро из еще более тяжелых металлов. Юпитер имеет другое строение: в среднем его вещество немногим тяжелее, чем вода.

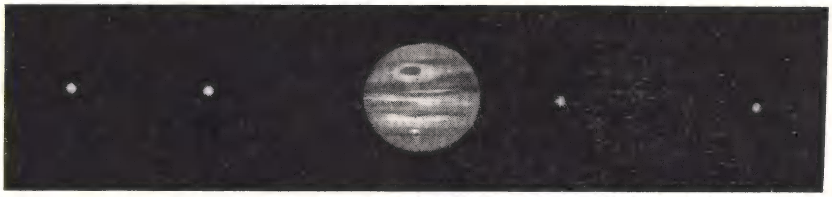
В те месяцы, когда Юпитер бывает виден, его легко найти на небе, потому что он светит



Планеты Марс и Сатурн (в середине — карта части поверхности Марса).

Комета Донати.

ярче всех других звезд и планет, кроме Венеры. По блеску Юпитер занимает на небе четвертое место — после Солнца, Луны и Венеры. Только Марс способен давать такой же сильный свет, да и то в редкие дни наибольших сближений его с Землей.



Юпитер со спутниками.

Если посмотреть на Юпитер в небольшую зрительную трубу, то можно увидеть замечательную картину: возле яркого шара планеты видны четыре звездочки. Это самые большие из спутников Юпитера. Они каждый день бывают расположены по-разному: то два справа, два слева; то три с одной стороны, а одна — с другой; то все четыре станут цепочкой по одну сторону от Юпитера. А бывает и так, что какая-нибудь из звездочек спрячется за шар Юпитера или станет перед ним и исчезнет на его фоне, либо же попадет в тень от Юпитера — произойдет затмение данного спутника Юпитера. Во всех этих случаях спутник становится невидим.

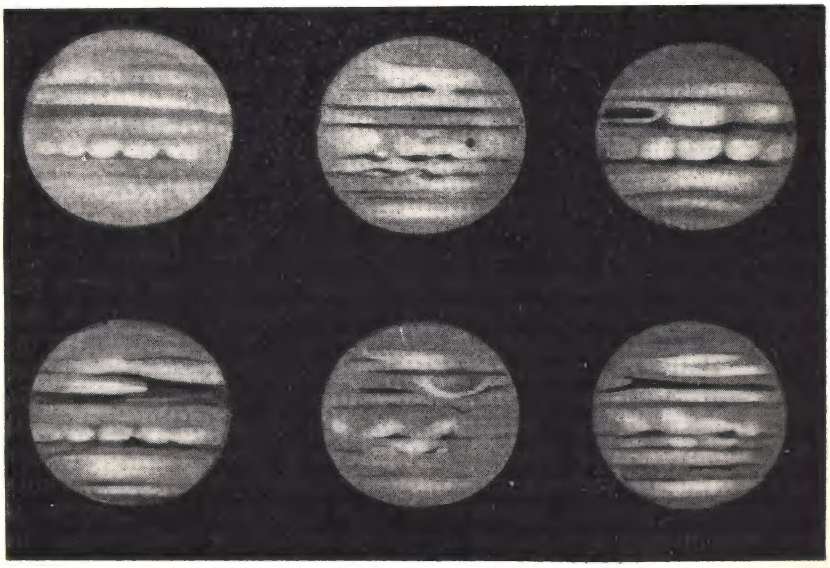
Эти четыре спутника Юпитера очень крупные, их диаметры составляют от 3000 до 5180 *км*, два из них размером больше, чем Меркурий. Кроме них, у Юпитера есть еще 8 мелких спутников, которые можно увидеть только в сильные телескопы. Таким образом, всего у Юпитера 12 спутников, и все это обширное семейство движется вслед за самим Юпитером вокруг Солнца (см. рис., стр. 464—465).

Но что же представляет собой сам Юпитер? Если его рассматривать при помощи сильного телескопа, то сразу бросается в глаза его некруглая форма. Другие небесные тела — Меркурий, Венера, Земля, Луна — имеют малое сжатие у полюсов. Земля, например, у полюсов сжата примерно на $^1/_{298}$ своего диаметра. У Юпитера сжатие, или сплюснутость, у полюсов значительно больше.

Легко разглядеть еще, что Юпитер полосатый; на его округлом, но заметно растянутом диске виден ряд чередующихся светлых и темных полос, которые каждый год располагаются по-разному. Значит, это не горы, не океаны и не суша, а всего-навсего длинные ряды облаков и туч разной окраски. В этом отношении Юпитер похож на Венеру: все, что мы на нем видим, — это сплошной воздушно-облачный покров, который скрывает от нашего взора то, что находится под ним. Разница в том, что на Венере этот покров гладкий, ровный, однородный, а на Юпитере он пятнистый, разноцветный.

Движение облаков позволяет легко и просто установить, как и с какой скоростью вращается Юпитер вокруг оси. Каждое пятно, каждое облачко на его диске постепенно передвигается от одного края к другому. Это значит, что Юпитер поворачивается вокруг своей оси. Вращение его очень быстрое. Установлено, что сутки на нем длятся всего 9 часов 50 минут.

Ученых давно занимал вопрос о химическом составе клубящейся тучами и облаками мощной атмосферы Юпитера. Оказалось, что в ней нет ни кислорода, ни водяных паров, ни углекислоты — словом, ничего того, что входит



Изменения облаков на Юпитере (в телескоп).

в состав нашей земной атмосферы. Зато там оказалось большое количество газа, называемого метаном. Это тот газ, который весело горит синими огоньками в наших газовых плитах. Кроме того, там есть аммиак — газ, многим знакомый по резкому запаху нашатырного спирта. Из-за огромного расстояния Юпитера от Солнца температура его атмосферы — около 140° мороза.

Юпитер по всем своим свойствам так непохож на нашу Землю, что нам трудно разобраться в его своеобразной природе. Есть предположение, что ядро его состоит из сильно сжатых газов.

Изменение вида кольца Сатурна.

ПЛАНЕТА С КОЛЬЦОМ — САТУРН

Сатурн с его кольцом — самая удивительная планета в солнечной системе. Широкое, совершенно плоское кольцо окружает экватор планеты, как шляпу — ее поля. Оно расположено наклонно к тому кругу, по которому Сатурн обходит Солнце за 29,5 лет. Поэтому в зависимости от положения Сатурна на его пути кольцо поворачивается к нам то одной стороной, то другой. Каждые 15 лет оно располагается к нам ребром, и тогда его нельзя разглядеть даже в самые сильные телескопы, а это значит, что кольцо очень тонкое: его толщина не более 10—15 *км* (см. стр. 392—393).

Знаменитый астроном Галилей в 1610 г. обнаружил, что Сатурн окружен чем-то. Но его телескоп был слишком слаб, и потому Галилей не смог разобрать, что он видит около Сатурна. Только полвека спустя голландскому ученому Гюйгенсу удалось рассмотреть, что это на самом деле плоское кольцо, которое окружает планету и нигде к ней не прикасается.

Изучение Сатурна при помощи более совершенных телескопов показало, что кольцо распадается на три части, составляющие как бы три независимых кольца, вложенных одно в другое. Внешнее кольцо отделяется от среднего темным промежутком — узкой черной щелью. Среднее кольцо ярче внешнего. Изнутри к нему примыкает полупрозрачное, как бы туманное, третье кольцо.

Что же собой представляют эти замечательные кольца? Может быть, это действительно твердые гладкие площадки? Нет, это не так. Выдающиеся ученые — английский физик Максвелл (1831—1879) и русская женщина-математик С. В. Ковалевская (1850—1891) своими расчетами доказали, что сплошное и твердое кольцо такого размера существовать не может: оно было бы мгновенно разрушено под влиянием различия в силе притяжения для разных его частей. Выдающийся русский астрофизик А. А. Белопольский (см. стр. 486) тщательными наблюдениями Сатурна подтвердил, что кольцо действительно не сплошное. Оказалось, что скорость движения в разных частях кольца различна. Это значит, что кольца состоят из мелких обломков, каждый из которых обращается вокруг Сатурна с такой скоростью, какую имел бы спутник планеты, находящийся на таком же расстоянии. Каждый такой обломок — как бы независимый спутник, сам по себе обращающийся вокруг Сатурна.

Что же представляют собой эти обломки? Это, вероятно, камешки разного размера: от нескольких сантиметров до метра в поперечнике, но, возможно, в кольцах есть и пыль. Кроме колец, вокруг Сатурна движутся девять спутников. Из них один — Титан — по размерам приблизительно равен Меркурию и немного уступает ему по массе. Другие спутники имеют разные размеры. Но все они значительно меньше Титана.

Сатурн во многом напоминает своего собрата — Юпитера. Многие странные, на наш взгляд, особенности Юпитера выражены у Сатурна еще более резко. Например, он сжат у полюсов еще сильнее и состоит из вещества, более легкого, чем вода.

Сатурн, как и Юпитер, окружен сплошным облачным покровом, но только эта туманная пелена на нем менее пестрая. Полосы и пятна на Сатурне хотя и есть, но они

Предполагаемый вид Солнца с разных планет:

1 — вид Солнца с Меркурия в перигелии; *2* — вид Солнца с Меркурия в афелии; *3* — вид Солнца с Венеры; *4* — вид Солнца с Земли; *5* — вид Солнца с Марса; *6*— вид Солнца с Юпитера; *7* — вид Солнца с Сатурна; *8* — вид Солнца с Урана; *9* — вид Солнца с Нептуна.

выделяются не так резко, как на диске Юпитера.

Атмосфера, в которой плавают облака, имеет тот же состав, что и на Юпитере: в ней содержатся метан и аммиак. Расстояние Сатурна от Солнца составляет 1426 млн. *км*, и солнечные лучи там греют в 90 раз слабее, чем на Земле, и в $3^1/_2$ раза слабее, чем на Юпитере. Понятно, что и мороз там очень силен — он доходит до 150°. Сутки на Сатурне длятся 10 часов 14 минут.

ПЛАНЕТЫ УРАН, НЕПТУН И ПЛУТОН

Даже в XVIII в. планетная система была известна только до Сатурна. Но уже тогда предполагали, что Сатурном список планет не оканчивается, что существуют еще более далекие планеты, которые невооруженным глазом увидеть нельзя. Это мнение блестяще подтвердилось, когда в 1781 г. знаменитый английский астроном Гершель, наблюдая звезды в телескоп, заметил новое светило, которому, судя по звездной карте, быть тут не полагалось. Понаблюдав за этим светилом несколько дней, Гершель увидел, что оно перемещается среди звезд и, значит, представляет собой планету.

Оказалось, что эта планета обращается вокруг Солнца на расстоянии 2869 млн. *км* и совершает полный оборот за 84 года. Новой планете дали имя Уран. Со временем у нее нашли пять спутников.

Наблюдая Уран, ученые обнаружили в его движении некоторые неправильности, которые могли происходить только оттого, что существует какая-то более удаленная планета. Эта неведомая планета своим притяжением немного сдвигала Уран с того пути, по которому он обращался бы под действием притяжения Солнца и остальных планет.

В то время уже большого совершенства достигла наука небесная механика. Она позволяла при помощи точного расчета находить путь любого небесного светила.

Способы расчета, которыми пользуются ученые в небесной механике, позволяют точно определять возмущения, то есть отклонения в движении, какой-нибудь планеты под влиянием притяжения «соседними» планетами. Например, движение Марса несколько изменяется возмущениями, которые получаются от притяжения Земли и Юпитера.

Обычно в небесной механике приходится вычислять возмущения по уже известному расположению других планет. При изучении движения Урана нужно было решить обратную задачу: зная возмущения, найти место вызывающей их неизвестной планеты. Эту трудную задачу, как уже ранее было сказано, решили французский астроном Леверье и английский ученый Адамс. Только одними расчетами, совсем не глядя на небо, они указали место на небе, где должна находиться неизвестная планета. И действительно, когда на это место астроном Галле направил телескоп, то обнаружил новую планету. Так была открыта восьмая планета солнечной системы — Нептун. У нее оказалось два спутника.

Это открытие было великим торжеством науки: оно ясно показывало, что система мира Коперника правильна, что верны те законы движения и притяжения, которые дал великий Ньютон и на которых основаны все расчеты, выполняемые в небесной механике.

В 1930 г. удалось отыскать еще одну планету, которая находится от Солнца на расстоянии в 40 раз большем, чем Земля (5929 млн. *км*), и делает оборот за 250 лет. Это девятая планета солнечной системы — Плутон.

Что же представляют собой эти столь удаленные от Солнца планеты?

Уран и Нептун очень похожи друг на друга. Оба они меньше Сатурна, но гораздо больше Земли. Оба они заметно сжаты, хотя и не так сильно, как Сатурн. Их облачные атмосферы содержат метан. Что касается аммиака, то он там почти не заметен. Это объясняется тем, что при таком страшном холоде, который там царит (минус 200° и ниже), аммиак уже не может оставаться газом: он замерзает и осаждается вниз в виде белого вещества, похожего на снег.

Плутон резко отличается от четырех гигантских планет. Он меньше их: его масса примерно такая же, как и у Земли. От нас он так далек, что даже в самые сильные телескопы выглядит звездой, и рассмотреть его поверхность пока невозможно.

ПЛАНЕТЫ-КРОШКИ

Мы рассказали про планеты солнечной системы. Но 9 планет и 31 спутник, о которых мы говорили, — это не все. В планетной системе есть еще великое множество очень небольших, но самостоятельных тел. Их называют малыми планетами или астероидами.

1 января 1801 г. итальянский астроном Пиацци нашел на небе маленькую звездочку, кото-

рая, как он установил, медленно передвигалась среди звезд. Ясно, что это была неизвестная до того планета. Когда определили ее путь, то оказалось, что он лежит между путями Марса и Юпитера, т. е. в зоне солнечной системы, казалось бы давно изученной и хорошо знакомой. Удивительное это было открытие! Удивительно было и то, что новая планета, которую назвали Церерой, была так мало заметна: ведь она была ближе Юпитера и немногим дальше Марса! Приходилось сделать вывод, что это какое-то небольшое небесное тело.

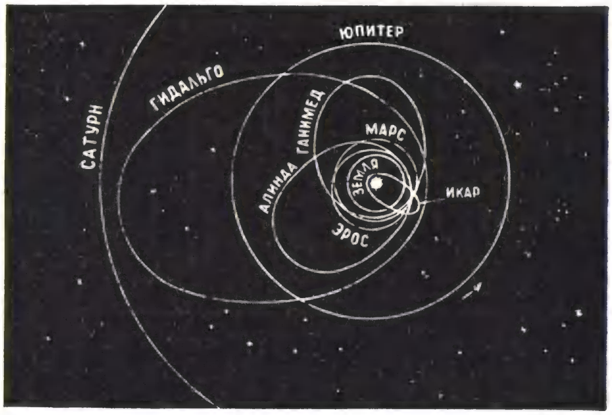
Ученым снова пришлось удивиться, когда через год, в 1802 г., нашли еще одну планету — Палладу, путь которой тоже проходил между орбитами Марса и Юпитера. В 1804 г. там же обнаружили третью планету — Юнону, в 1807 г. четвертую — Весту. Итак, оказалось, что между путями Марса и Юпитера движется несколько каких-то маленьких небесных тел.

Позднее, начиная с конца первой половины XIX в., такие планеты стали открывать все в большем числе. Находки стали особенно частыми, после того как для поисков применили фотографию. Очень много планет открыли сотрудники Симеизской обсерватории в Крыму. Советские астрономы С. И. Белявский и Г. Н. Неуймин открыли около сотни малых планет. Теперь таких планет известно более 1600.

Немало надо потрудиться, чтобы изучить такое множество небесных тел. Ведь для каждой планеты нужно определить ее путь, расстояние от Солнца, время оборота вокруг Солнца. Нужно на каждый год вычислить положение малой планеты на небе, чтобы астрономы могли снова найти ее и сфотографировать. Этим важным делом занимаются в Институте теоретической астрономии Академии наук СССР в Ленинграде. Главную часть работы там выполняют сложные машины-автоматы, которые сами производят разные арифметические действия.

У каждой малой планеты, или астероида, есть свой номер и название. Вначале, пока астероидов знали немного, их, как и большие планеты, называли именами богов или богинь из древнеримских мифов. Потом таких имен не хватило, и теперь астероиды называют обычными женскими именами, а также именами городов, стран и ученых. Так, среди планет есть Анна и Вера, Москва и Казань, Армения и Италия, Коперник и Ньютон. Есть планета, названная Владиленой в честь В. И. Ленина.

Не все малые планеты движутся все время между Марсом и Юпитером. Некоторые пересекают орбиту Марса и даже орбиты более

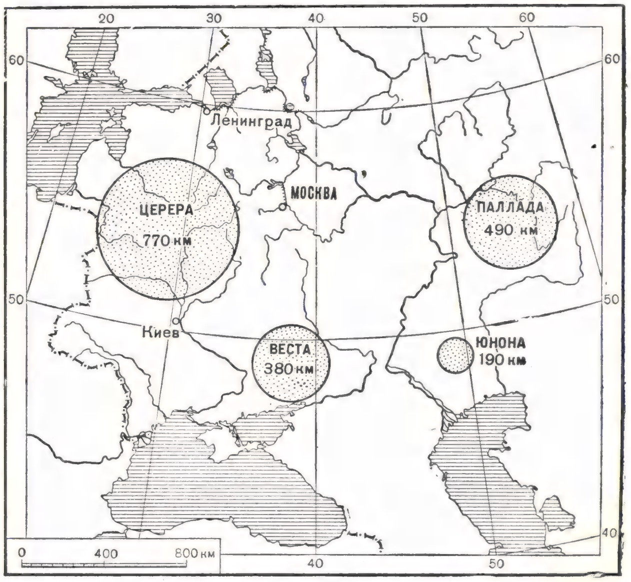


Орбиты некоторых астероидов.

близких к Солнцу планет. Малая планета № 1566 — Икар — подходит иногда к Солнцу даже ближе, чем Меркурий.

Самая крупная из малых планет — Церера имеет поперечник до 770 *км*, самые мелкие — неправильные глыбы диаметром около 1 *км*.

Наша планетная система — не единственная. В бесконечной Вселенной есть много других звезд, окруженных планетами, которые при помощи современных телескопов мы еще не можем непосредственно наблюдать. Но недалеко то время, когда человечество овладеет такими мощными средствами наблюдения, что его взору откроются многие другие планетные миры.



Сравнительные размеры астероидов, если их поместить на территорию СССР.

ЧИСЛОВЫЕ ДАННЫЕ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПЛАНЕТАМ

Планета*	Расстояние от Солнца		Время оборота вокруг Солнца, т. е. продолжительность года, на планете в земных сутках и годах	Время оборота вокруг оси, т. е. продолжительность суток на планете	Диаметр (по сравнению с диаметром Земли)	Объем (по сравнению с объемом Земли)	Масса (по сравнению с массой Земли)	Плотность (плотность воды равна единице)	Освещенность Солнцем (по сравнению с Землей)	Атмосфера	Число спутников
	в миллионах километров	в единицах расстояния от Земли до Солнца									
Меркурий	58,0	0,4	88 суток	88 дней	0,38	0,05	0,04	4,9	7	Отсутствует	0
Венера	108,0	0,7	224 »	?	0,97	0,92	0,81	5,1	2	Сплошь облач.	0
Земля	149,5	1,0	1 год	23 ч. 56 м.	1,00	1,00	1,00	5,5	1	Наполовину облач.	1
Марс	228,0	1,5	1,9 года	24 » 37 »	0,53	0,15	0,11	3,9	1/2	Разреженная прозрачная	2
Юпитер	778,0	5,2	11,9 »	9 » 50 »	11,26	1345	318,00	1,4	1/27	Сплошь облач.	12
Сатурн	1426,0	9,5	29,5 »	10 » 14 »	9,45	767	95,00	0,7	1/90	» »	9
Уран	2869,0	19,2	84,0 »	10 » 48 »	4,0	63,0	14,60	1,3	1/400	» »	5
Нептун	4496,0	30,1	164,8 »	15 » 48 »	4,3	78	17,30	1,2	1/900	» »	2
Плутон	5929,0	39,6	249,7 »	?	?	?	?	?	1/1600	?	0

* Пять планет: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн — известны с глубокой древности. Уран открыт В. Гершелем в 1781 г. Нептун открыт в 1846 г. И. Галле на основании вычислений У. Леверье. Плутон — в 1930 г. американской обсерваторией имени Ловелла.

КОМЕТЫ

В феврале и марте 1744 г. в кругах ученых Петербургской академии наук царило большое оживление. В эти дни на небе наблюдалась замечательно яркая комета с громадным хвостом. С особым интересом следил за кометой, за ее перемещением среди звезд и изменением ее внешнего вида тогда еще молодой ученый М. В. Ломоносов.

Эта комета представляла исключительное зрелище: ее туманный «придаток» раскинулся почти на половину неба и состоял как бы из нескольких отдельных хвостов.

Долгое время люди ничего не знали о природе комет. Их появление было так внезапно и загадочно, а вид так необычен, что суеверно настроенные люди видели в них предвестников всяких бед и несчастий: войны, чумы, холеры, голода.

В XVI в. астроном Тихо Браге и за ним многие другие исследователи выяснили, что кометы находятся далеко за пределами земной атмосферы и даже гораздо дальше, чем спутник Земли — Луна; что они движутся в пространстве примерно на таком же большом расстоянии от Земли, как и планеты.

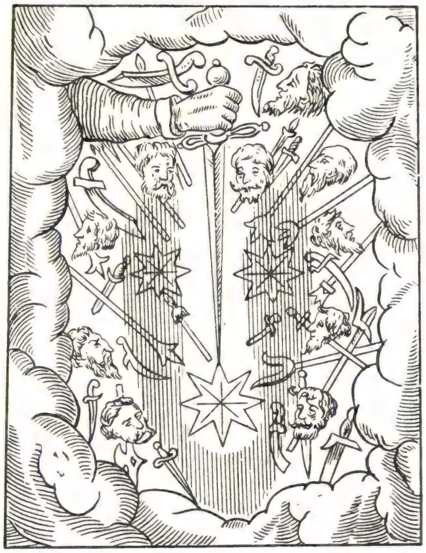
Позднее, в конце XVII в., гениальный ученый Исаак Ньютон, предположив, что кометы, как и планеты и их спутники, подчиняются закону всемирного тяготения, впервые определил путь вокруг Солнца одной из комет. Это была комета 1680 г. Оказалось, что ее путь представляет собой бесконечно вытянутую кривую — параболу. Пройдя вблизи Солнца, эта комета умчалась в межзвездное пространство, и больше ее никогда не видели.

Друг и ученик Ньютона Э. Галлей определил пути вокруг Солнца 24 комет. Этот кропотливый труд привел к интересным результатам: оказалось, что три кометы, наблюдавшиеся через промежутки времени около 76 лет, двигались по почти совпадавшим путям.

Тщательно изучив этот вопрос, Галлей с полной уверенностью заявил, что в действительности наблюдались не три разные кометы, а

одна и та же. Галлей подсчитал, через какой срок эта комета будет снова видна, и предсказал ее появление на 1758 год. Его предсказание блестяще оправдалось. Так было доказано, что движение комет подчиняется тем же законам, что и движение других небесных тел. Сравнительно короткий период обращения кометы Галлея (около 76 лет) давал возможность наблюдать ее во время последовательных появлений.

Зарисовки этой кометы, сделанные в глубокой древности, показывают, что комета и тогда выглядела точно так же, как в эпоху Галлея.



Фантастическое изображение кометы 1528 г.
(Из старинной книги.)

Какие же главные особенности строения кометы? Самая яркая часть ее — это «голова». Она похожа на сгущенное, туманное облачко, яркость которого увеличивается к середине. Здесь иногда бывает видно «ядро» головы кометы, похожее на звездочку. Из головы кометы выходит в виде слабой светящейся полосы «хвост». Изредка наблюдались кометы исключительно яркие: их блеск превосходил блеск Венеры или Юпитера.

Пока комета находится вдали от Солнца, она не имеет никакого хвоста. Хвост появляется и начинает расти по мере приближения кометы к Солнцу, причем он обычно направлен в сторону от Солнца.

Хвосты комет различаются по длине и по форме. У некоторых комет хвосты тянулись через все небо; у других они были едва заметны. Например, хвост кометы 1744 г. имел в длину 20 млн. *км*, а хвост кометы 1680 г. протягивался на 240 млн. *км*. Можно подсчитать, что если бы при таких размерах вещество хвоста кометы имело бы плотность хотя бы такую, как вода, то сила притяжения заставила бы не только планеты, но и само Солнце вращаться вокруг этой кометы. Кометы с такими хвостами были бы наиболее массивными телами солнечной системы. В действительности же головы и в особенности хвосты комет состоят из чрезвычайно разреженного вещества. Масса комет поэтому ничтожна — в миллиарды раз меньше массы Земли, и притяжение, оказываемое кометой на Солнце и планеты, настолько мало, что его даже невозможно заметить.

В мае 1910 г. Земля проходила сквозь хвост кометы Галлея. При этом в движении Земли не произошло никаких изменений.

Хвосты комет настолько прозрачны, что сквозь них хорошо видны звезды. Таким образом, хвост кометы может состоять только из частиц газа, находящегося в состоянии сильного разрежения, или из мельчайших пылинок, или из смеси газа и пыли.

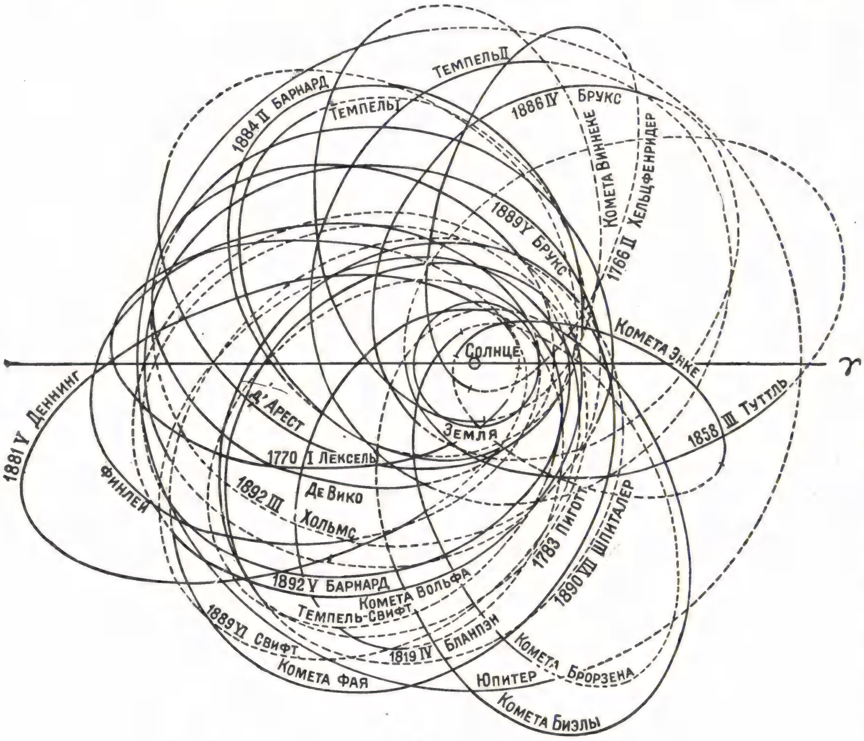
Ядро кометы — твердое и плотное. Оно, видимо, состоит из смеси замороженных газов и пылинок и, по-видимому, каменных глыб. Диаметры твердых кометных ядер бывают от нескольких метров до нескольких километров. Поэтому столкновение кометного ядра с Землей не грозит последней никакой опасностью. При проникновении в земную атмосферу замороженные газы быстро испарятся, и от ядра останутся только обломки, которые не могут причинить вреда Земле. Итак, столкно-

Комета Галлея.

вение Земли с ядром кометы не страшно, да и случиться оно может крайне редко — один раз за десятки или сотни тысяч лет.

Кометы открывают теперь на небе каждый год, иногда даже по нескольку комет в год.

Однако многие из них можно видеть только в телескоп, и то как туманные пятнышки.



Орбиты комет с коротким периодом обращения.

После открытия кометы ученые стараются определить, по какому пути, или, как говорят астрономы, по какой орбите, она движется. Это необходимо для того, чтобы в случае нового появления кометы можно было опознать старую, уже знакомую комету. Кроме того, зная орбиту кометы, можно заранее предсказать, когда она станет снова доступной для наблюдений.

Ученые определили орбиты и периоды обращения многих комет.

Так, в июне 1770 г. парижскими астрономами была открыта новая комета. За ней можно было следить до 2 октября 1770 г. По своему внешнему виду она ничем особенным не выделялась. Движение этой кометы стал изучать петербургский астроном А. И. Лексель. Его вычисления показали, что эта комета обращается вокруг Солнца в 5,5 года, т. е. в два раза скорее, чем, например, планета Юпитер.

Дальнейшие исследования лишь подтвердили правильность расчетов астронома А. И. Лекселя. Периодичность комет была окончательно доказана. После кометы Лекселя было найдено много других комет, период обращения которых вокруг Солнца был небольшим. Теперь известны уже 72 кометы, обегающие Солнце за время, меньшее, чем 30 лет. Такие кометы называют к о р о т к о п е р и о д и ч е с к и м и, в отличие от комет, двигающихся по столь вытянутым путям, что они или совсем уйдут от Солнца, или же вновь возвратятся через много сотен и даже тысяч лет.

На рисунке показаны орбиты некоторых короткопериодических комет.

В 60-х годах XIX в. московский ученый Федор Александрович Бредихин приступил к изучению комет. Бредихин создал теорию кометных форм, объяснил особенности кометных хвостов и заложил основы современных научных представлений о кометах.

Согласно теории Бредихина, голову и хвост кометы образуют частички газа и пыли, выбрасываемые с поверхности ядра кометы. Бредихин обосновал давно высказывавшуюся мысль, что солнечные лучи являются причиной того, что эти газ и пыль потоком, как бы от взрыва, направляются из ядра сперва в сторону к Солнцу, а затем идут обратно от него под действием какой-то отталкивательной силы. Эта сила как бы затормаживает движение к Солнцу вещества комет, а затем заставляет его двигаться в обратную сторону со все большей и большей скоростью.

Так, подобно своеобразно действующему газовому фонтану, образуются туманная голова кометы и ее хвост.

Что же это за отталкивательная сила, действующая на вещество комет?

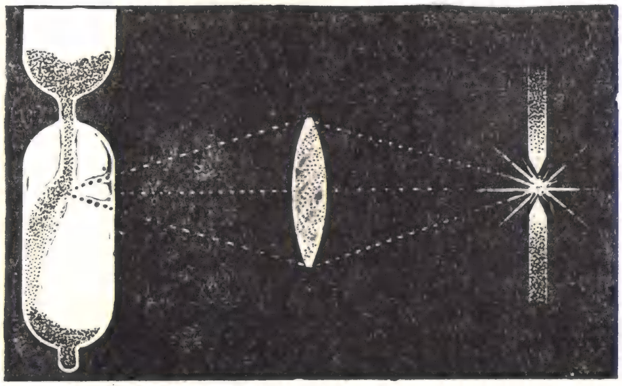
Природу этой силы выяснил другой замечательный русский ученый — Петр Николаевич Лебедев. В конце XIX в. он доказал, что

свет действительно производит давление на поверхность, поставленную на пути светового потока, как это заключил из своей теории английский физик Максвелл. П. Н. Лебедев с большим мастерством производил точные физические опыты. Опытами он доказал существование давления света на твердые тела и на газы.

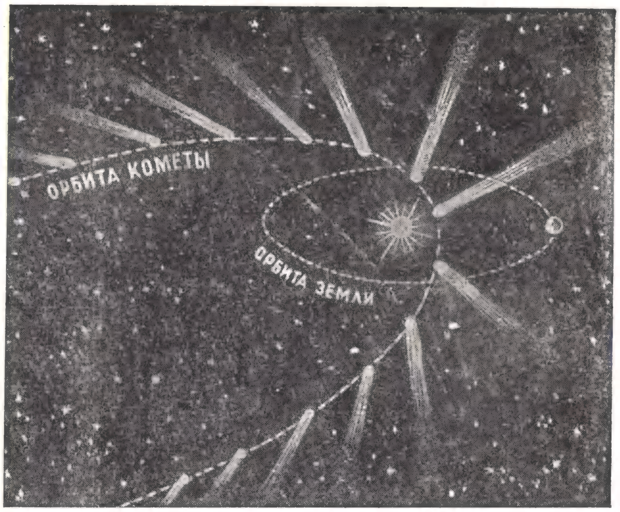
Давление света практически не сказывается на больших телах, поэтому мы не замечаем его действия на Земле. Но при уменьшении размеров тела оно все больше дает себя знать и в некоторых случаях может играть решающую роль. Если поперечник частички составляет приблизительно $^1/_{1000}$ долю миллиметра, то давление света на нее оказывается уже значительным и будет превосходить силу притяжения.

П. Н. Лебедев высказал мысль, что отталкивательной силой Солнца, влияющей на образование хвостов комет, является именно давление солнечных лучей на поверхность частичек, составляющих кометный хвост. Хотя эти частички и подчиняются закону тяготения, но давление света на них много сильнее притяжения к Солнцу, и они как бы убегают от него.

Рассматривая зарисовку кометы 1744 г. (той самой, которую наблюдал Ломоносов), Бредихин заинтересовался тем, что у нее было много хвостов. Размышляя над причинами этого явления, он пришел к выводу, что истечение материи из ядра происходит отдельными взрывами. Каждый взрыв дает облако частиц, двигающихся с разными скоростями. Они образуют как бы поперечные полосы, впереди которых движутся частицы с бóльшими скоростями, сзади — с меньшими. Затем идет полоса, образованная частицами следующего облака, и т. д. Эти поперечные полосы и создают картину нескольких хвостов у кометы.



Опыт, показывающий давление световых лучей.



Отклонение кометных хвостов от Солнца.

Изучая процессы образования хвостов у различных комет, Бредихин сделал важное открытие. Оказалось, что хвосты комет бывают в основном трех типов: прямые, узкие, направленные прямо от Солнца (первый тип), широкие, немного искривленные и уклоняющиеся от Солнца (второй тип), и короткие, уклоненные еще больше (третий тип).

Почему получаются столь различные хвосты у комет? На этот вопрос сейчас можно ответить так: разные кометы состоят из частиц различного состава и свойств, различным образом отзывающихся на действие Солнца. На одни частицы световое давление действует сильнее, на другие слабее, поэтому у тех или иных комет частицы будут двигаться по разным путям и получатся хвосты разных форм. В последнее время выяснено, что, помимо давления света, на частички хвостов действуют и быстро движущиеся ядра атомов водорода и электроны, выбрасываемые с поверхности Солнца.

Ясно, что раз материал хвоста выбрасывается из ядра кометы, то хвост мы можем рассматривать как продукт разрушения кометы. Частички головы и хвоста, подгоняемые отталкивательной силой Солнца, бомбардируемые быстро двигающимися солнечными частицами, уносятся с большой скоростью в мировое пространство. Таким образом, материал ядра, способный образовывать хвост, истощается, комета «теряет» свою массу. Это теоретическое соображение было подтверждено при изучении яркости комет.

Оказывается, кометы резко снижают свою

Комета с несколькими хвостами.

яркость от появления к появлению и наконец совсем перестают быть видимыми.

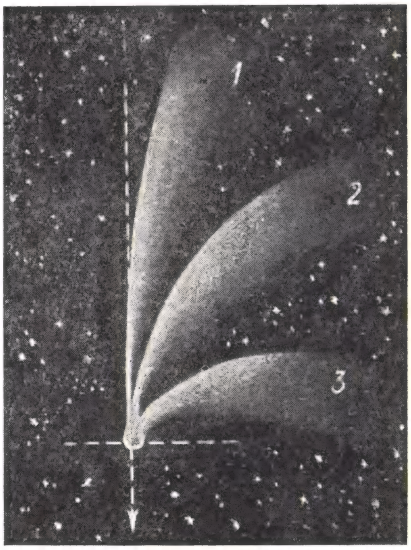
Ф. А. Бредихин обратил внимание на то, что у некоторых комет хвосты были направлены не от Солнца, а к Солнцу. Он назвал такие хвосты **аномальными** и высказал мысль, что они образуются из частичек, на которые отталкивательная сила Солнца не действует. Эти частички и есть, по-видимому, те пылинки и камешки, которые образуют потоки метеорных тел, движущихся по пути тех комет, ядра которых постепенно распались на множество мельчайших частиц.

Труды Бредихина послужили основой для дальнейшего изучения комет. Сейчас наши знания о кометах стали гораздо более полными. Мы уже знаем, из чего состоят кометы и их хвосты. В этом нам помог спектральный анализ.

Еще в 80-х годах XIX в. в Пулковской обсерватории велись исследования спектров комет. Постепенно было установлено, что в голове кометы светятся главным образом газы — углерод и циан, а вблизи ядра головы — молекулы углеводородов и соединений азота с водородом. В хвостах же комет были обнаружены ядовитый газ — окись углерода и азот, находящиеся в наэлектризованном состоянии. Из сравнения спектров комет был сделан вывод, что все кометы по характеру спектра похожи друг на друга и, следовательно, имеют родственную природу. Мы уже видели, что свечение комет объясняется действием солнечных лучей, так как оно начинается лишь при приближении кометы к Солнцу. Вместе с тем свечение появляется на таком расстоянии от Солнца, где тепло его лучей еще не может согреть комету. Значит, свечение вызывается не теплом Солнца, а чем-то другим.

В чем же его причина?

Мы знаем, что на раскаленной поверхности Солнца происходят грандиозные вспышки, сопровождаемые излучением ультрафиолетовых лучей. При этом выбрасываются с громадными скоростями мельчайшие частицы вещества — атомы и электроны. Попадая в атмосферу Земли, эти частицы вызывают полярные сияния и магнитные бури. Эти же частицы могут бомбардировать поверхность ядра кометы, содействуя выделению газов. Ультрафиолетовые и обычные лучи Солнца, действуя на кометные газы, вызывают их свечение. Надо помнить, однако, что все высказанные здесь соображения не дают полного объяснения свечения комет. Советские астрономы определили количества вещества в кометах — их массы. Было доказано, что массы комет в миллиарды раз меньше массы Земли. Если сдавить вещество средней по размерам кометы до такой плотности, как, например, плотность Земли, то получится тело поперечником не больше нескольких километров. При этом надо принять во внимание, что ядро, т. е. твердое тело кометы, в некоторых случаях не превышает по своим размерам и нескольких сотен метров. А так как хвосты комет протягиваются на миллионы километров, мы можем себе представить, как сильно разрежено составляющее их вещество.

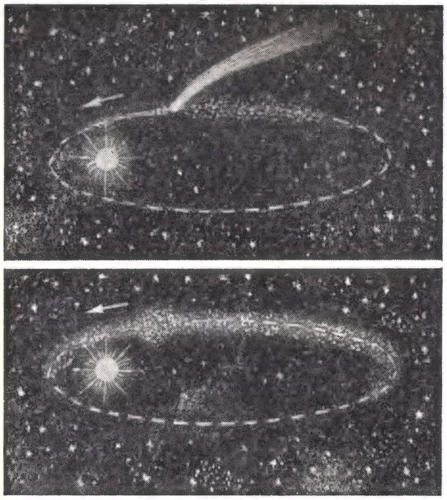


Типы кометных хвостов:
1 — прямые, узкие; 2 — широкие, искривленные; 3 — короткие. Стрелка показывает направление к Солнцу.

В наших лабораториях, откачивая воздух из плотно закупоренного сосуда, мы не можем

еще добиться такой степени разрежения вещества, какая существует в хвостах комет. Поэтому, хотя в состав комет и входят ядовитые газы, они не могут причинить нам вреда, если Земля попадет внутрь кометного хвоста, как это и было в 1910 г. при прохождении Земли сквозь хвост кометы Галлея.

По сути дела, хвосты комет — это «видимое ничто», и мы можем наблюдать их только потому, что сверхразреженный газ светится под действием солнечных лучей и потоков частиц, выбрасываемых с солнечной поверхности.



Превращение распадающейся кометы в метеорный поток.

Сопоставляя силу света комет, можно сравнить их между собой. При этом выяснилось одно очень важное обстоятельство. Оказалось, что для многих периодических и особенно для короткопериодических комет, таких, которые совершают свое обращение вокруг Солнца за 5—10 лет, отмечается очень быстрое падение яркости. Кометы буквально за несколько десятков лет из яркого светила превращаются в чуть заметные пятнышки. Многие кометы, которые раньше наблюдали невооруженным глазом, становятся видимы лишь при помощи самых мощных телескопов, а затем и совсем исчезают.

Следовательно, короткопериодические кометы возникли совсем недавно. В самом деле, раз вещество головы и хвоста кометы так быстро истощается, следовательно, эта комета произошла недавно, иначе ее вещество давно бы истощилось. Вот какой важный вывод вытекает из сравнения яркости короткопериодических комет.

Было установлено, что кометы не могут приходить к нам из межзвездного пространства, так как в этом случае их орбиты были бы совсем иными. А отсюда надо сделать и другой важный вывод: место рождения комет — солнечная система. Ученые работают над выяснением того, как образуются кометы.

В этом вопросе еще далеко не все ясно. Несомненно, однако, то, что происхождение комет тесно связано с происхождением и развитием других тел солнечной системы — малых планет, метеоров и т. д.

Поиски комет когда-то производились визуально, т. е. глазом, при помощи небольшого телескопа. С телескопом астрономы тщательно осматривали различные участки неба. Если встречалось туманное пятнышко среди звезд, нужно было еще убедиться в том, что это комета, а не туманность. Ведь мы уже говорили, что на небе видно большое число туманностей, входящих в нашу звездную систему и состоящих из громадных облаков газа и пыли.

Разница только в том, что кометы передвигаются среди звезд, а туманности представляются неподвижными.

За последние десятилетия небо стали фотографировать специальными фотографическими камерами и по фотографиям стали отыскивать кометы. История астрономии знает несколько имен неутомимых наблюдателей — «ловцов» комет. К ним принадлежал известный советский астроном Григорий Николаевич Неуймин. Он работал на Симеизской обсерватории (теперь Крымская астрофизическая обсерватория Академии наук) и занимался изучением небесных тел. В течение долгих ночей он фотографировал звездное небо со специальными фотокамерами, приспособленными для астрономических наблюдений (так называемыми астрографами). Неуймин прославился открытием многих малых планет и ряда новых комет.

Кометы с одинаковым успехом можно искать во всех частях неба — визуально или при помощи фотографии. Каждый любитель астрономии, каждый человек, внимательно, с интересом следящий за небом, может открыть комету. Здесь не надо длительной теоретической подготовки к поискам. Так, например, замечательную, довольно яркую комету, которая была видна невооруженным глазом, открыли в 1939 г. любители астрономии — два советских педагога Ахмаров и Юрлов. Интерес к небу и знакомство с созвездиями позволили им первыми во всем мире увидеть новое светило. Быстро сообщив о своем открытии в астрономическую обсерваторию, они закрепили за собой первенство открытия. Комета Ахмарова — Юрлова вечно будет носить их имена. Вернувшись к Солнцу через 7500 лет (таков период ее обращения вокруг Солнца), она напомнит людям будущего об этих двух любителях науки.

Каждый год астрономы наблюдают по нескольку комет, среди них возвращающиеся периодические кометы, а также и новые — чаще всего слабые кометы. В конце 1947 г. и в конце 1948 г. наблюдались большие кометы, но они были видны только в Южном полушарии Земли.

Невооруженным глазом в 1957 г. хорошо были видны две яркие кометы с хвостами. Интересно, что вторая из этих ярких комет была открыта любителями неба еще за несколько дней до того, как ее стали наблюдать ученые-астрономы.

Изучение каждой кометы — интереснейшего светила — приносит новое в сокровищницу науки, позволяет ученым еще ближе подойти к полному изучению особенностей комет и выяснению их происхождения. Познание свойств этих когда-то загадочных небесных тел помогает установить природу явлений, происходящих на Солнце. Кометы оказываются своеобразными показателями солнечной активности. Величайшее достижение советской науки — искусственные спутники — лаборатории, отправленные в космос. Но и кометы оказываются своеобразными лабораториями, двигающимися в космическом пространстве (см. рис., стр. 392—393). Надо только уметь читать «сигналы», идущие от этих небесных тел. И астрономы, пользуясь все более совершенными телескопами и радиотелескопами (см. стр. 431), делают это все лучше и лучше, раскрывая все особенности строения комет.

Комета Ахмарова — Юрлова.

«ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ» И МЕТЕОРИТЫ

В темную безоблачную ночь можно заметить, как вдруг, словно сорвавшись со своего места, пролетит по небу «звезда» и мгновенно исчезнет. Такая падающая «звезда» называется **метеором**. Метеоры появляются потому, что в земную атмосферу влетают с огромной скоростью мельчайшие твердые крупинки, весящие доли грамма. Такие крупинки в бесчисленном количестве движутся в межпланетном пространстве и почти непрерывно налетают на Землю. Они движутся с очень большой скоростью, в среднем около 30—40 *км/сек*. Это во много раз быстрее, чем летит пуля или снаряд.

Влетев в земную атмосферу с огромной скоростью, метеорная частица встречает очень сильное сопротивление воздуха. Поэтому она мгновенно нагревается до такой высокой температуры, что вскипает и превращается в раскаленный газ, быстро рассеивающийся в воздухе. Вот этот раскаленный, светящийся газ мы и замечаем в виде быстро пролетающего по небу метеора. После ярких метеоров на небе в течение нескольких секунд бывает виден слабо светящийся след в виде тонкой ниточки.

Ученые определили, что метеоры пролетают в слое атмосферы на высоте от 55 до 120 *км* над поверхностью Земли. Таким образом, метеорные частицы **никогда** не достигают земной поверхности: они испаряются в воздухе.

СПИСОК НАИБОЛЕЕ ОБИЛЬНЫХ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ

	Название метеорного потока	*Созвездие*
С 1 по 4 января	Квадрантиды	Дракона
» 16 » 23 апреля	Лириды	Лиры
» 1 » 5 мая	Эта Аквариды	Водолея
» 20 » 31 июля	Дельта Аквариды	»
» 1 » 20 августа	Персеиды	Персея
» 7 » 10 октября	Дракониды	Дракона
» 16 » 23 »	Ориониды	Ориона
» 10 » 18 ноября	Леониды	Льва
» 5 » 15 декабря	Геминиды	Близнецов

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

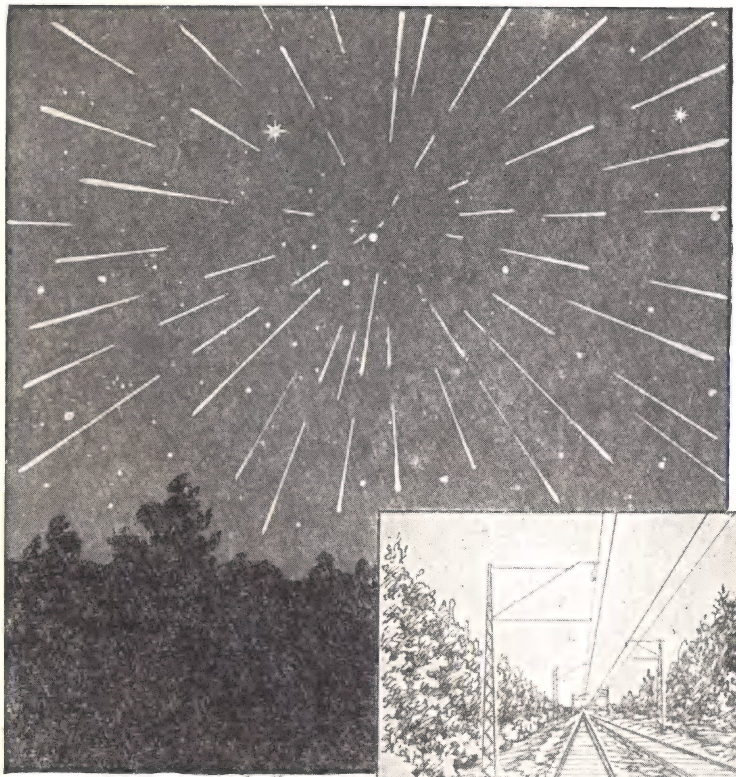
Если понаблюдать за одним и тем же участком неба в течение часа или больше, то в некоторые дни года можно заметить интересное явление: метеоры, появляясь на небе последовательно один за другим, вылетают как бы из одного места на небе и веером разлетаются во все стороны. То место на небе, откуда как бы вылетают метеоры, называется р а д и а н т о м. За 2—3 часа наблюдений можно заметить множество метеоров.

Земля в это время встречает не одиночную метеорную частицу, а целый рой или облако таких частиц — м е т е о р н ы й п о т о к. Все частицы потока летят в пространстве параллельно друг другу и кажутся нам разлетающимися только из-за перспективы. Вспомните, что рельсы железной дороги или деревья вдоль аллеи тоже кажутся нам расходящимися из отдаленной точки, тогда как на самом деле они расположены параллельно друг другу.

Ежегодно в известные дни Земля пересекает орбиты обильных метеорных потоков. В это время наблюдается особенно частое появление метеоров в определенном участке неба. Метеорный поток называют по имени того созвездия, в котором расположен радиант потока.

Итальянский ученый Скиапарелли в прошлом столетии, а позднее Бредихин доказали, что потоки метеоров движутся по орбитам, по которым раньше двигались исчезнувшие кометы. Выяснилось, что потоки метеоров — это продукты постепенного распада кометных ядер. Иногда этот распад происходит не постепенно, а очень быстро. Известны случаи, когда ядра комет на глазах у наблюдателей в продолжение немногих суток дробились на несколько частей.

После частичного или полного распада ядра кометы перед ней, а еще больше вслед за ней вдоль орбиты вытягивается вереница пылинок и мелких камешков — метеоров. Все они постепенно рассеиваются, и, когда вереница их становится очень широкой, возможность встречи их с Землей возрастает.



Метеоры на небе как бы вылетают из одной точки (радианта) и разлетаются в разные стороны. В действительности же метеоры движутся параллельно друг другу. Подобное явление наблюдается и в том случае, если смотреть вдоль полотна железной дороги, как это показано на рисунке.

«ЗВЕЗДНЫЕ ДОЖДИ»

Иногда метеорные потоки бывают настолько обильными, что наблюдается настоящий «з в е з д н ы й д о ж д ь». Каждую минуту по небу разлетаются сотни и тысячи метеоров. Такой «звездный дождь» наблюдался, например, вечером 9 октября 1933 г. Он продолжался в течение полутора часов. В Ленинграде, где в то время небо было безоблачным, толпы людей останавливались на улицах, любуясь этим своеобразным небесным фейерверком.

«Звездный дождь» был виден во многих местах нашей родины и в зарубежных странах. Суеверные люди рассматривали

Полет болида в земной атмосфере:

1. След болида, влетевшего в земную атмосферу.

2. Изменение следа болида под действием воздушных течений.

это замечательное явление природы как «небесное знамение». В Португалии, например, люди по призыву священников бежали в церкви, думая, что наступил конец мира.

Между тем этот «звездный дождь» был вызван тем, что Земля, пересекая орбиту сравнительно слабого метеорного потока, попала в облако, или сгущение, метеорных частиц, оставленных на своем пути кометой. Эти частицы и устремились в земную атмосферу в таком изобилии. Как только Земля при своем движении вышла из этого облака, прекратился и «звездный дождь» (см. рис., стр. 408—409).

«Звездные дожди», подобные описанному, наблюдаются довольно редко — приблизительно раз пять в столетие.

ОГНЕННЫЕ ШАРЫ — БОЛИДЫ

Нередко бывает, что влетевшая в земную атмосферу метеорная частица имеет довольно крупные размеры. Она весит уже не доли грамма, а килограммы и тонны. Это уже не частица, а метеорное тело. Когда метеорное тело влетает в атмосферу, то с Земли виден стремительно несущийся по небу огненный шар, называемый болидом. За ним тянется огненный хвост, рассыпаются искры и затем остается слабо светящийся туманный след.

Болид пролетает в течение нескольких секунд, а след, оставленный им, можно наблюдать в течение десятков минут или даже более часа. Он непрерывно изменяет свою форму, изгибается во все стороны, а потом разрывается на части. Причина этого явления — ураганный ветер, всегда дующий в верхних слоях атмосферы. Ветер разносит и разрывает след болида. Во время полета болида местность освещается ярким мигающим светом.

Иногда, особенно при полете яркого и крупного болида, через несколько минут после его исчезновения доносится грохот с раскатами.

В отдаленные времена полет болидов вызывал суеверный страх в народе. Болиды с их огненными хвостами и извивающимися следами суеверные люди принимали за огненных змеев или драконов.

ЧТО ТАКОЕ МЕТЕОРИТЫ

Метеоритами называют камни или куски железа, упавшие на Землю из межпланетного пространства. Метеориты имеют невзрачный вид: серые, черные или черно-бурые куски камней или железа. Однако метеориты —

единственные внеземные тела, доступные для непосредственного изучения. Мы можем в лаборатории исследовать их химический и минеральный состав, структуру и различные физические свойства.

Изучение метеоритов помогает астрономам узнать историю небесных тел.

О падении метеоритов люди знали со времен глубокой древности. У некоторых древних народов метеориты в течение веков служили предметом почитания и поклонения как «посланцы бога». Их сохраняли в храмах, носили при богослужениях, укладывали в гроб при погребении покойников. По случаю падения метеоритов нередко совершались богослужения, а на местах падения метеоритов устраивали храмы, которые приносили большие доходы ревнителям религии.

В г. Мекке (Саудовская Аравия) и теперь еще сохраняется каменный метеорит, называемый «черным камнем». Он вделан в стену храма Кааба, и к нему ежегодно приходят на поклонение верующие магометане.

В старинных летописях есть очень много записей о падении метеоритов. Самая древняя запись о метеоритах в русских летописях свидетельствует о падении метеорита в 1091 г. Это произошло почти девять веков назад!

Долгое время ученые принимали найденные метеориты за земные камни. Даже в конце XVIII в. некоторые члены Парижской академии наук утверждали, что падения камней с неба «физически невозможны». Но в это же самое время по инициативе академика П. С. Палласа была доставлена из Сибири в Петербург большая железная глыба весом более полутонны. Она была найдена кузнецом Медведевым на берегу р. Енисея еще в 1749 г. Эту глыбу назвали П а л л а с о в ы м ж е л е з о м. Ее очень тщательно изучал Э. Ф. Хладни — выдающийся немецкий физик, приезжавший в 1794 г. в Петербург. Он пришел к выводу, что Палласово железо и некоторые другие изучавшиеся им каменные и железные обломки упали на Землю из межпланетного пространства. Об этом Э. Ф. Хладни написал специальную книгу, напечатанную в Риге в 1794 г.

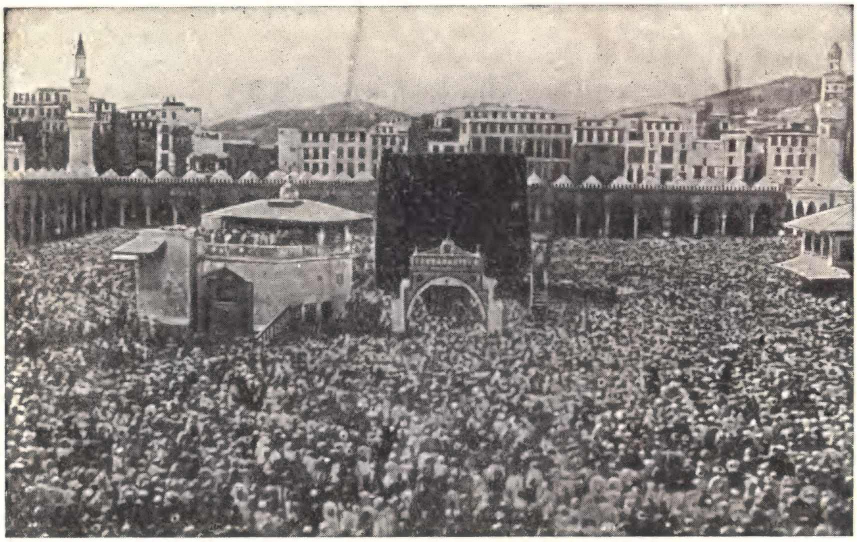
Таким образом впервые было доказано внеземное происхождение метеоритов и возможность падения их на Землю. Большинство ученых было вынуждено признать это открытие Э. Ф. Хладни.

В 1807 г. в Харькове была напечатана первая книга о метеоритах на русском языке, написанная профессором физики А. И. Стойковичем. В 1819 г. вышла другая книга о метеоритах, написанная химиком Иваном Мухиным.

Однако наиболее успешные и всесторонние исследования метеоритов и их поиски начались в нашей стране только после Великой Октябрьской социалистической революции, когда

3. Изменение следа болида под действием воздушных течений.

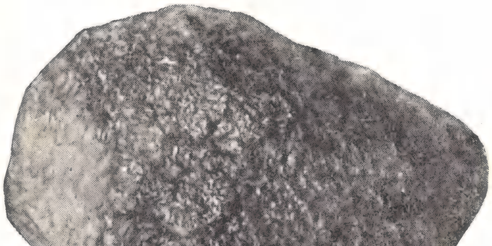
4. Изменение следа болида под действием воздушных течений.



Поклонение верующих мусульман «черному камню» (метеориту), замурованному в стену храма Кааба, в городе Мекке (Саудовская Аравия).

наука в нашей стране получила неограниченные возможности для своего развития. Изучением метеоритов занимались виднейшие ученые — академики В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман, известный энтузиаст исследования метеоритов Л. А. Кулик и многие другие.

В Академии наук СССР есть специальный комитет, который руководит сбором, изучением и хранением метеоритов. При комитете есть большая метеоритная коллекция, одна из лучших в Европе. Небольшие метеоритные коллекции собраны во многих городах нашей страны. Все они доступны для осмотра.



Железный метеорит «Палласово железо», найденный в 1749 г. на берегу реки Енисея в Сибири. Вес метеорита свыше 600 кГ. Хранится в коллекции Академии наук СССР в Москве.

КАК ПАДАЮТ МЕТЕОРИТЫ

Метеориты падают внезапно, в любое время и в любом месте земного шара. Их падение всегда сопровождается очень сильными световыми и звуковыми явлениями. По небу в это время в течение нескольких секунд проносится очень крупный и ослепительно яркий болид. Если метеорит падает днем при безоблачном небе и ярком солнечном освещении, то болид не всегда бывает виден. Однако после его полета на небе все же остается похожий на дым клубящийся след, а на месте исчезновения болида появляется темное облачко.

Болид, как мы уже знаем, появляется потому, что в земную атмосферу влетает из межпланетного пространства метеорное тело — камень. Если оно имеет большие размеры и весит сотни килограммов, то не успевает целиком распылиться в атмосфере. Остаток такого тела падает на землю в виде метеорита. Значит, не всегда после полета болида может упасть метеорит. Но, наоборот, падению каждого метеорита всегда предшествует полет болида.

Влетев в земную атмосферу со скоростью 15—20 *км/сек*, метеорное тело уже на высоте 100—120 *км* над Землей встречает очень сильное сопротивление воздуха. Воздух перед метеорным телом мгновенно сжимается и вследствие этого разогревается; образуется так называемая «воздушная подушка». Само тело нагревается с поверхности очень сильно, до температуры в несколько тысяч градусов. В этот момент и становится заметным летящий по небу болид.

Пока болид несется с большой скоростью в атмосфере, вещество на его поверхности расплавляется от высокой температуры, вскипает, превращается в газ и частично разбрызгивается мельчайшими капельками. Метеорное тело непрерывно уменьшается, оно как бы тает. Из испаряющихся и разбрызгивающихся частиц образуется след, остающийся после полета

Падение Сихотэ-Алинского метеорита.

Звездный дождь в Ленинграде.

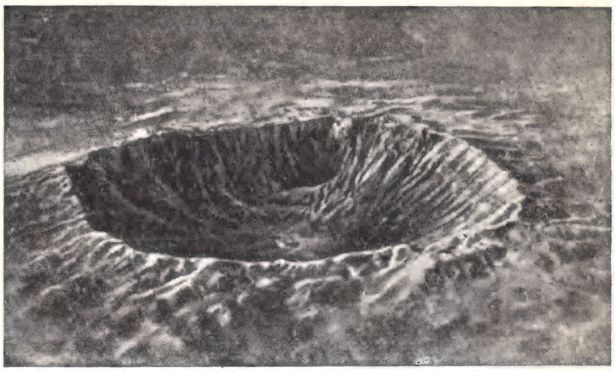
болида. Но вот тело при своем движении попадает в нижний, более плотный слой атмосферы, где воздух все больше и больше тормозит его движение. Наконец, на высоте около 10—20 *км* над земной поверхностью тело полностью теряет свою космическую скорость. Оно словно увязает в воздухе. Эта часть пути называется о б л а с т ь ю з а д е р ж к и. Метеорное тело перестает нагреваться и светиться. Остаток его, не успевший полностью распылиться, падает на Землю под влиянием силы притяжения, как обыкновенный брошенный камень.

Метеориты падают очень часто. Вероятно, каждый день где-нибудь на земном шаре падает несколько метеоритов. Однако большинство их, попадая в моря и океаны, в полярные страны, пустыни и другие малонаселенные места, остаются неразысканными. Только ничтожное число метеоритов, в среднем 4—5 в год, становится известным людям. На всем земном шаре до сих пор найдено около 1600 метеоритов; из них 125 были обнаружены в нашей стране.

Почти всегда метеориты, проносясь с космической скоростью в земной атмосфере, не выдерживают того огромного давления, которое оказывает на них воздух, и раскалываются на много кусков. В этих случаях на Землю падает обычно не один, а несколько десятков или даже сотен и тысяч осколков, образующих так называемый м е т е о р и т н ы й д о ж д ь.

Упавший метеорит бывает только теплым или горячим, но не раскаленным, как думают многие. Это объясняется тем, что метеорит проносится через земную атмосферу в течение всего лишь нескольких секунд. За такое короткое время он не успевает прогреться и внутри остается таким же холодным, каким он был в межпланетном пространстве. Поэтому метеориты при падении на Землю не могут вызвать пожара, даже если они случайно упадут на легко загорающиеся предметы.

Метеорит огромных размеров, весящий сотни тысяч тонн, не может затормозиться в воздухе. С большой скоростью, превышающей 4—5 *км/сек*, он ударится о Землю. При ударе метеорит мгновенно нагреется до такой высокой температуры, что иногда может полностью превратиться в раскаленный газ, который с огромной силой устремится во все стороны и произведет взрыв. На месте падения метеорита образуется воронка — так называемый м е т е о р и т н ы й к р а т е р, а от метеорита останутся только небольшие осколки, разлетевшиеся вокруг кратера.



«Ущелье Дьявола», или Аризонский метеоритный кратер. Этот кратер образовался в далеком прошлом в результате падения и взрыва гигантского метеорита на территории нынешнего штата Аризона в США. Диаметр кратера 1200 м, глубина его 170 м.

В разных местах земного шара найдено много метеоритных кратеров. Все они образовались в далеком прошлом при падении гигантских метеоритов. Огромный метеоритный кратер, называемый А р и з о н с к и м или «У щ е л ь е м Д ь я в о л а», находится в США. Его поперечник равен 1200 *м*, а глубина —170 *м*. Вокруг кратера удалось собрать много тысяч мелких осколков железного метеорита общим весом около 20 *Т*. Но, конечно, вес метеорита, упавшего и взорвавшегося здесь, был во много раз больше; по подсчетам ученых, он достигал многих тысяч тонн. Самый большой кратер обнаружен в 1950 г. в Канаде; поперечник его 3600 *м*, однако для решения вопроса о происхождении этого гигантского кратера требуются еще дальнейшие исследования.

Поваленный взрывной волной лес вокруг места падения Тунгусского метеорита.

Одна из наиболее крупных воронок, образовавшихся на месте падения Сихотэ-Алинского метеорита.

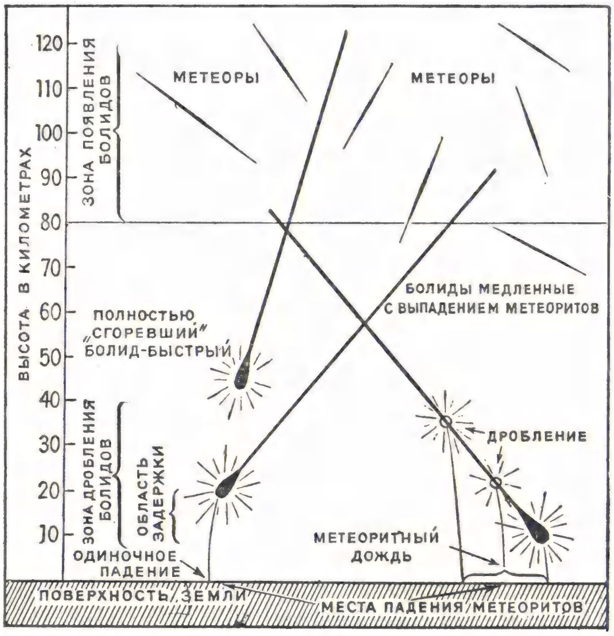
Утром 30 июня 1908 г. в глухой сибирской тайге упал гигантский метеорит. Его назвали Тунгусским, так как место падения метеорита находилось недалеко от реки Подкаменной Тунгуски. При падении этого метеорита по всей Центральной Сибири был виден большой ослепительно яркий болид, пролетевший с юго-востока на северо-запад. Через несколько минут после того, как скрылся болид, раздались удары огромной силы, а затем послышался сильный грохот и гул. Во многих селениях в окнах лопнули стекла, с полок попáдала посуда. Удары, подобные взрывам, были слышны на расстоянии свыше 1000 *км* от места падения метеорита.

Изучать этот метеорит ученые начали после Октябрьской революции. Впервые только в 1927 г. на место падения метеорита проник научный сотрудник Академии наук СССР Л. А. Кулик. На плотах по разлившимся весной таежным речкам Кулик в сопровождении проводников эвенков пробрался в «страну мертвого леса», как эту местность стали называть эвенки после падения метеорита. Здесь на огромной площади, радиусом в 25—30 *км*, Кулик обнаружил поваленный лес. Деревья на всех возвышенных местах лежали с вывороченными корнями, образуя гигантский веер вокруг места падения метеорита. Несколько экспедиций, проведенных Куликом, занимались изучением места падения метеорита. Были произведены аэрофотосъемки центральной части области поваленного леса и раскопки нескольких ям, которые сначала ошибочно приняли за метеоритные воронки. Осколки Тунгусского метеорита найдены не были. Возможно, что при взрыве Тунгусский метеорит целиком превратился в газ и никаких значительных осколков от него не осталось.

Летом 1957 г. советский ученый А. А. Явнель исследовал образцы почвы, доставленные Л. А. Куликом из района падения метеорита еще в 1929—1930 гг. В этих образцах почвы были обнаружены мельчайшие частички Тунгусского метеорита. В настоящее время в районе падения метеорита работает экспедиция Комитета по метеоритам Академии наук СССР.

В тихое и морозное утро 12 февраля 1947 г. ослепительно яркий огненный шар — болид — стремительно пронесся на фоне голубого неба над советским Приморьем. Оглушительный грохот раздался после его исчезновения. Распахнулись двери в домах, полетели со звоном осколки оконных стекол, посыпалась с потолков штукатурка, из топившихся печей было выброшено пламя с золой и дровами. Животные метались в паническом страхе. На небе вслед за пролетевшим огненным шаром появился огромный, похожий на дым след в виде широкой полосы. Вскоре след стал изгибаться и, словно сказочный исполинский змей, распростерся по небу. Постепенно слабея и разрываясь на отдельные клочья, след исчез только к вечеру.

Все эти явления были вызваны падением огромного железного метеорита, получившего название Сихотэ-Алинского (он упал



Движение в атмосфере метеоров, болидов и метеоритов.

в западных отрогах горного хребта Сихотэ-Алинь). В течение четырех лет Комитет по метеоритам Академии наук СССР занимался изучением падения этого метеорита и сбором его частей. Метеорит еще в воздухе раскололся на тысячи частей и выпал метеоритным дождем на площади в несколько квадратных километров. Наиболее крупные части — «капли» этого железного дождя — весили по нескольку тонн.

На месте падения метеорита было обнаружено 200 метеоритных воронок диаметром от десятков сантиметров до 28 *м*. Самая крупная воронка имеет глубину в 6 *м*; в ней мог бы поместиться двухэтажный дом.

Участники экспедиции за все время работ собрали и вывезли из тайги более 7000 метеоритных осколков общим весом около 23 *Т*. Самые крупные осколки весят 1745, 700, 500, 450 и 350 *кГ* (см. рис., стр. 408—409).

Теперь в Комитете по метеоритам ведется тщательная научная обработка всего собранного материала. Производится анализ химического состава метеоритного вещества, изучается его структура, а также обстановка падения метеоритного дождя и условия движения метеорного тела в земной атмосфере.

ОБЩИЙ ВИД И РАЗМЕРЫ МЕТЕОРИТОВ

Главный признак метеоритов — это так называемая к о р а п л а в л е н и я. Она имеет толщину не более 1 *мм* и со всех сторон покрывает метеорит в виде тонкой скорлупы. Особенно хорошо заметна кора черного цвета на каменных метеоритах.

Вторым признаком метеоритов являются характерные ямки на их поверхности. Обычно метеориты имеют форму обломков. Но иногда бывают метеориты замечательной конусообразной формы. Они напоминают головку снаряда. Такая конусообразная форма образуется в результате «обтачивающего» действия воздуха.

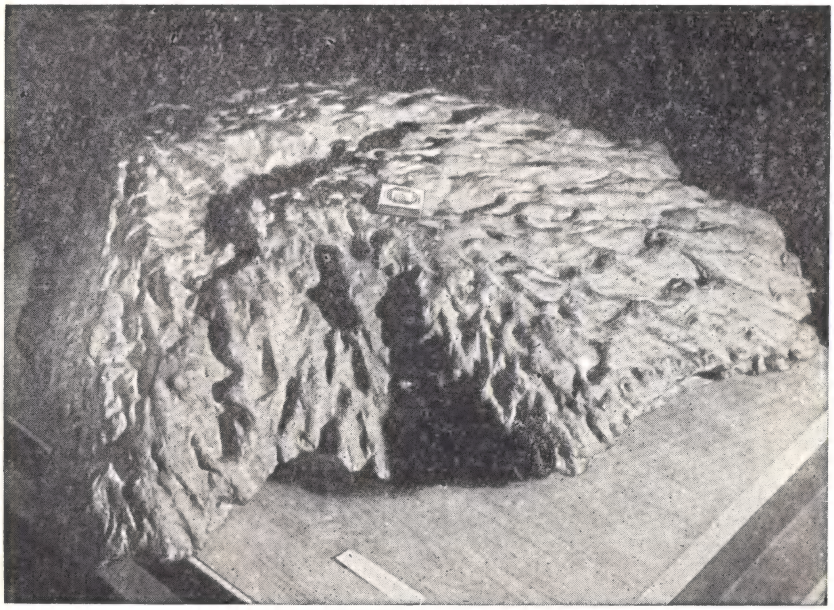
Самый крупный цельный метеорит был найден в Африке в 1920 г. Метеорит этот железный и весит около 60 *Т*. Обычно же метеориты весят по нескольку килограммов. Метеориты весом в десятки, а тем более в сотни килограммов падают очень редко. Самые маленькие метеориты весят доли грамма. Например, на месте падения Сихотэ-Алинского метеорита был найден самый маленький экземпляр в виде крупинки весом всего лишь в 0,18 *Г*; поперечник этого метеорита равен только 4 *мм*.

Чаще всего падают каменные метеориты: в среднем из 16 упавших метеоритов только один оказывается железным.

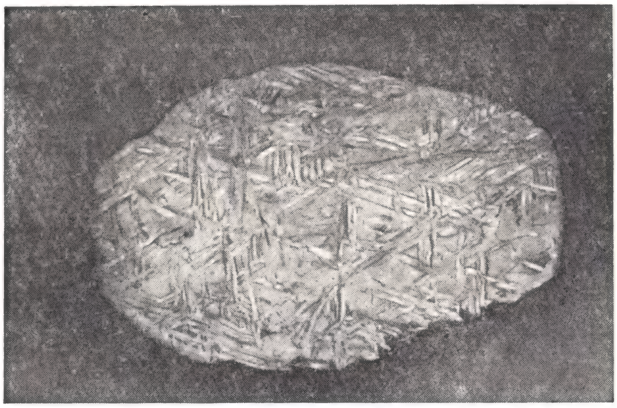
ИЗ ЧЕГО СОСТОЯТ МЕТЕОРИТЫ

Изучая химический состав метеоритов, ученые установили, что метеориты состоят из тех же самых химических элементов, которые есть и на Земле. Никаких новых элементов в них не найдено.

Чаще всего в метеоритах находятся следующие восемь химических элементов: железо, никель, сера, магний, кремний, алюминий, кальций и кислород. Все остальные химические элементы таблицы Менделеева находятся в метеоритах в ничтожных, микроскопических количествах. Соединяясь между собой химически, эти элементы образуют различные минералы. Большинство этих минералов найдено в земных горных породах. И совсем в ничтожных количествах в метеоритах обнаружены такие минералы, которых нет и не может быть на



Самый крупный осколок железного метеорита, упавший во время Сихотэ-Алинского метеоритного дождя. Вес осколка метеорита 1745 кГ.



Узорчатое строение железного метеорита.

Земле, так как она имеет атмосферу с большим содержанием кислорода. Вступая в соединение с кислородом, эти минералы образуют уже другие вещества.

Железные метеориты почти целиком состоят из железа в соединении с никелем, а каменные метеориты — главным образом из минералов, называемых силикатами. Они состоят из соединений магния, алюминия, кальция, кремния и кислорода.

Особенно интересно внутреннее строение железных метеоритов. Их отполированные поверхности становятся блестящими как зеркало. Если протравить такую поверхность слабым раствором кислоты, то обычно на ней появляется замысловатый рисунок, состоящий из переплетающихся между собой отдельных полосок и узких каемок. На поверхностях некоторых метеоритов после травления появляются параллельные тонкие линии. Все это результат внутреннего кристаллического строения железных метеоритов.

Не менее интересна структура каменных метеоритов. Если посмотреть на излом каменного метеорита, то часто даже невооруженным глазом можно заметить маленькие округлые шарики, рассеянные по поверхности излома. Эти шарики иногда достигают размера горошины. Кроме них, в изломе видны рассеянные мельчайшие блестящие частички белого цвета. Это — включения никелистого железа. Среди таких частичек встречаются золотистые блестки — включения минерала, состоящего из железа в соединении с серой. Бывают метеориты, которые представляют собой как бы железную губку, в пустотах которой заключены зерна желтовато-зеленого цвета минерала оливина.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ МЕТЕОРИТОВ

Большинство ученых считает, что метеориты представляют собой осколки одного или (что вероятнее) нескольких крупных небесных тел, подобных астероидам, ранее существовавшим в солнечной системе.

Советские ученые — академик В. Г. Фесенков, С. В. Орлов и др. — считают, что астероиды и метеориты тесно связаны между собой. Астероиды — это гигантские метеориты, а метеориты — это совсем маленькие, карликовые астероиды. Те и другие являются осколками планет, которые миллиарды лет назад двигались вокруг Солнца между орбитами Марса и Юпитера. Эти планеты в результате, по-видимому, столкновения распались на

Каменные метеориты.

части. Образовалось бесчисленное множество осколков самых различных размеров, вплоть до мельчайших крупинок. Эти осколки носятся теперь в межпланетном пространстве и, сталкиваясь с Землей, падают на нее в виде метеоритов.

ПОМОЩЬ НАСЕЛЕНИЯ В СБОРЕ МЕТЕОРИТОВ

Метеориты падают всегда неожиданно, и нельзя предсказать, когда и где это случится. Поэтому специалисты не могут заблаговременно подготовиться к наблюдениям падений метеоритов. Между тем изучение движений метеорных тел в земной атмосфере имеет очень большое научное значение.

Кроме того, наблюдая болид, можно приблизительно определить место, где мог упасть метеорит, и произвести там его поиски. Поэтому ученым в их работе большую помощь может оказать население, если очевидцы падения метеорита подробно опишут все те явления, которые ими были замечены при движении болида и падении на Землю метеорита.

При получении большого числа таких описаний, сделанных очевидцами в разных населенных пунктах, можно довольно точно определить путь метеорного тела в земной атмосфере, высоту появления и исчезновения болида, а также наклон и направление его пути. Сообщения о метеоритах следует направлять в Комитет по метеоритам Академии наук СССР[1].

При находке метеорита ни в коем случае нельзя его дробить. Нужно принять все меры к его охране и передаче в Комитет по метеоритам.

При описании явления болидов нужно, по возможности, ответить на следующие вопросы: 1) дата и время падения; 2) место наблюдения; 3) направление движения болида; 4) продолжительность полета болида в секундах; 5) размеры болида по сравнению с видимыми размерами Луны или Солнца; 6) цвет болида; 7) была ли освещена местность во время полета болида; 8) наблюдалось ли дробление болида; 9) остался ли после болида след; каковы его форма и последующее изменение, а также продолжительность видимости; 10) какие звуки наблюдались во время полета болида и после его исчезновения.

В описании нужно также указать фамилию, имя, отчество и адрес наблюдателя.

[1] Адрес Комитета по метеоритам Академии наук СССР: Москва, Ж-127, ул. Осипенко, д. 52.

ЗВЕЗДНЫЙ МИР. ВСЕЛЕННАЯ

СКОЛЬКО ЗВЕЗД НА НЕБЕ

Можно ли сосчитать звезды? — спросите вы. На первый взгляд кажется, что это невозможно — все небо усеяно звездами. Однако астрономы давно уже пересчитали все звезды — видимые не только простым глазом, но и в телескоп. Они нанесли их на карты звездного неба. Астрономы составили подробные списки огромного числа звезд — *звездные каталоги*. По этим спискам можно не только точно сказать, сколько видно звезд, но и найти точное место, занимаемое каждой из них на небе. Более того, астрономы очень много узнали о физической природе звезд — об их движениях, расстояниях от солнечной системы, размерах, температуре и о других так называемых «физических характеристиках» звезд.

Сколько же всего звезд видно на небе невооруженным глазом? Ответ может быть различным, и вот почему. Во-первых, зрение у разных людей неодинаковое: один видит больше звезд, другой — меньше. Во-вторых, условия наблюдения могут быть различными.

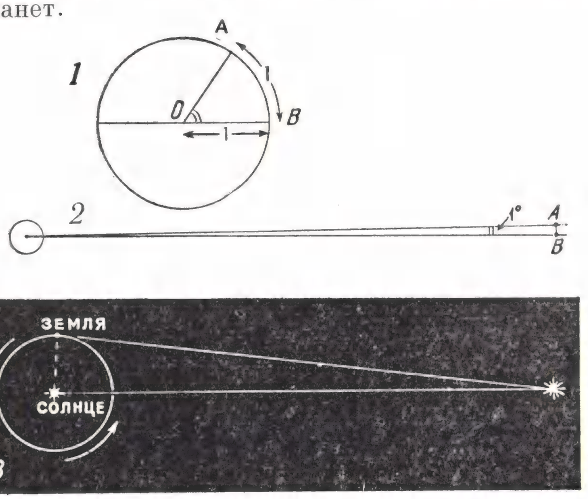
Обычно удается видеть на небе в один какой-либо момент над горизонтом несколько сот звезд.

Всего на небе насчитывается около 6 тысяч звезд, доступных невооруженному глазу; зоркий глаз видит звезды до 6-й величины (о том, что такое звездная величина, см. стр. 330). Но не все из этих 6 тысяч звезд могут быть видимы в Северном полушарии Земли — многие видны только в Южном полушарии. В наиболее мощные телескопы видны сотни миллионов звезд.

КАК ДАЛЕКИ ОТ НАС ЗВЕЗДЫ

Трудно было выяснить, на каком расстоянии от нас находятся звезды. Еще в древние времена астрономы поняли, что звезды находятся дальше

от Земли, чем спутник ее — Луна и другие планеты. Наблюдая небо, они замечали, что Луна, перемещаясь по небу, закрывает то одну, то другую звезду, но ни одна звезда никогда не бывает перед Луной. Иногда и планеты, например Юпитер, загораживают звезды на своем пути. Значит, звезды находятся дальше планет.



Схема, показывающая, как В. Я. Струве определил расстояние до звезды Вега.

1. Дуга *AB* равна по длине радиусу *OA*. Она наблюдается из центра окружности под углом 57°,3, который составляет 206 265″ дуги.
2. Если мы видим некоторый предмет под углом 1°,то это значит, что он находится на расстоянии, в 57,3 раза большем его линейных размеров.
3. Если радиус земной орбиты с Веги виден под углом в $^1/_8$ сек., то расстояние до этой звезды составляет 250 триллионов *км*.

Но насколько дальше? Уже Коперник указал, что звезды находятся на огромных расстояниях и только поэтому не могут быть замечены те смещения положений звезд на небе, которые неизбежно должны быть в силу движения Земли вместе с звездами в мировом пространстве (см. стр. 348).

Такие смещения звезд астрономы не могли подметить спустя еще почти три века после Коперника, несмотря на то, что за это время были достигнуты огромные успехи в конструкции астрономических инструментов и в точности наблюдений. В середине XVIII в. выдающиеся ученые Брадлей (в Англии) и Ламберт (в Германии) пришли к неопровержимому выводу, что расстояния даже до ближайших звезд в сотни тысяч раз превышают расстояния от Земли до Солнца. Но точно измерить расстояния до звезд они все-таки не смогли.

Впервые в истории науки В. Я. Струве измерил расстояние до звезды (см. стр. 473). Он много раз измерял положения Веги и пришел к выводу, что Вега смещается за полгода на угол около $^1/_4$ секунды дуги. Под столь малым углом с Веги должен быть виден диаметр земной орбиты — иначе говоря, двойное расстояние от Земли до Солнца, а само это расстояние — под углом $^1/_8$ секунды дуги.

Известно, что круг делится на 360 градусов по 60 угловых минут в каждом градусе, а каждая минута — на 60 секунд. Значит, в круге 1 296 000 угловых секунд.

Если радиус земной орбиты с Веги виден под углом около $^1/_8$ доли секунды, или около $^1/_{10\,000\,000}$ доли окружности (астрономы называют этот угол параллаксом данной звезды), значит, расстояние до этой звезды составляет почти 250 триллионов (250 000 000 000 000) километров.

Такие числа употреблять, конечно, неудобно. Для выражения больших расстояний астрономы применяют более крупные единицы длины. Одна из них — с в е т о в о й г о д. Так кратко обозначается расстояние, которое луч света проходит за год со скоростью около 300 000 *км/сек*. Световой год — это около 9,5 триллионов километров (9 500 000 000 000); коротко его можно записать так: $9{,}5 \times 10^{12}$ *км*.

Астрономы пользуются и другой мерой расстояний до звезд. Если круг содержит 1 296 000 угловых секунд, то радиус его (радиан) составит 206 265 угловых секунд (57°,3). Если бы радиус земной орбиты усматривался с какого-нибудь небесного тела под углом в 1 секунду окружности, то это значило бы, что расстояние до этого тела в 206 265 раз превышает радиус земной орбиты, так называемую «астрономическую единицу», и составляет около 31 триллиона *км* (сокращенно можно написать $3{,}1 \times 10^{13}$ *км*), или $3^1/_4$ светового года. Эту величину астрономы назвали параллакс-секунда или сокращенно п а р с е к.

Вега находится от нас на расстоянии 8 парсек, или 26,5 светового года. Чтобы пролететь такое расстояние, самолету ТУ-104 понадобилось бы сорок миллионов лет.

Вега действительно одна из сравнительно близких к нам звезд, но не самая близкая. Из ярких звезд самой близкой к нам является звезда альфа в созвездии Центавра, не видимая в СССР. Ее можно видеть в южных странах. Свет от нее идет до нас 4,3 года.

К настоящему времени таким способом установлены расстояния до многих тысяч звезд.

Но при всей точности, которой достигли астрономы в измерении звездных параллаксов, этот способ применим только для определения

расстояний до сравнительно близких звезд. Для далеких звезд, отстоящих от нас на сотни, тысячи и десятки тысяч световых лет, он не годится: углы оказываются настолько ничтожно малыми (сотые и тысячные доли секунды), что не поддаются измерению. Астрономы нашли и другие вполне достоверные способы для измерения расстояний более далеких звезд. В результате теперь известны точные расстояния до десятков тысяч отдельных звезд, а до еще большего числа звезд расстояние можно оценить приближенно.

Если звезды можно видеть с невообразимо больших расстояний, значит, они должны иметь огромную силу света (светимость). Звезды — это очень далекие от нас солнца. Некоторые из них излучают света гораздо больше, чем наше огромное Солнце.

О СВЕТИМОСТИ ЗВЕЗД

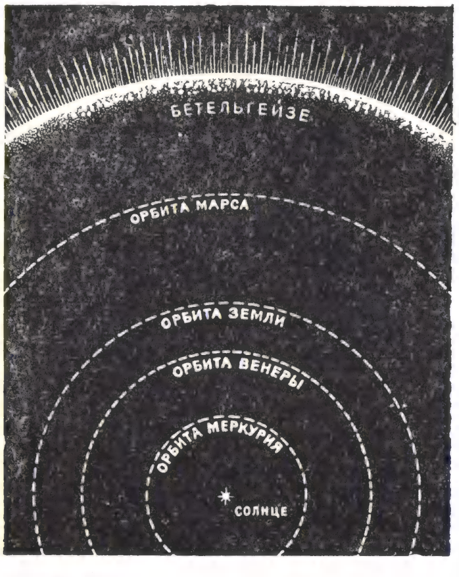
Долгое время астрономы полагали, что различие видимого блеска звезд связано только с расстоянием до них: чем дальше звезда, тем менее яркой она должна казаться. Но когда стали известны расстояния до звезд, астрономы установили, что иногда более далекие звезды имеют больший видимый блеск. Значит, видимый блеск звезд зависит не только от их расстояний, но также и от действительной силы их света, от их **светимости**.

Светимость звезды зависит от размеров поверхности звезды и от ее температуры.

Светимость звезды выражает ее истинную силу света по сравнению с силой света Солнца. Таким образом, когда говорят, что светимость Сириуса равна 17, это означает, что истинная сила его света больше силы света Солнца в 17 раз.

Определяя светимости звезд, астрономы установили, что многие звезды в тысячи раз ярче Солнца. Например, светимость Ригеля (бета Ориона) — 23 000, Денеба (альфа Лебедя) — 9400. Среди звезд есть и такие, которые излучают в сотни тысяч раз больше света, чем Солнце. Например, звезда, обозначаемая буквой S (эс) в созвездии Золотой Рыбы, светит в 1 000 000 раз ярче Солнца. Наше лучезарное Солнце по сравнению с ней — то же, что обычная свеча по сравнению с прожектором. Другие звезды имеют одинаковую или почти одинаковую с нашим Солнцем светимость: например, светимость альфы Центавра — 1, Проциона (альфа Малого Пса) — 6, Альтаира (альфа Орла) — 8. Есть и такие звезды, светимость которых выражается тысячными долями, т. е. их сила света в сотни раз меньше, чем Солнца. Светимость звезды — спутника Проциона почти в две с лишним тысячи раз меньше, чем у Солнца; светимость спутника Сириуса слабее солнечной в сто с лишним раз.

Одна из слабых звездочек, не имеющая особого названия, обладает такой малой светимостью, что ее силу света можно уподобить свету свечи рядом с мощным прожектором, каким следует тогда изобразить Солнце.



Звезда Бетельгейзе так велика, что внутри ее могли бы разместиться Солнце и орбиты ряда планет солнечной системы, включая орбиту Марса.

ЦВЕТ, ТЕМПЕРАТУРА И СОСТАВ ЗВЕЗД

Звезды имеют заметно различный цвет. Например, Вега и Денеб — белые, Капелла — желтоватая, Бетельгейзе — красноватая. Чем ниже температура звезды, тем она краснее. Солнце относится к разряду желтых звезд. Его поверхностная температура около 6000°. Температура белых звезд достигает 30 000° и даже 100 000°, а температура красных звезд 3000° и ниже.

Как ни мало́ количество тепла, приходящего от звезд, его удалось измерить. Работа эта очень сложная, кропотливая, требующая величайшей точности. Изучая спектры, астрономы делают заключения о температурах далеких небесных тел.

Спектральный анализ (см. стр. 362) показал, что звезды, подобно Солнцу, состоят из раскаленных газообразных веществ: водорода, гелия, железа, натрия, углерода, кислорода и др.

ЗВЕЗДЫ-ГИГАНТЫ И ЗВЕЗДЫ-КАРЛИКИ

Астрономы уже составили классификацию звезд по их светимости. Звезды,

излучающие в тысячи раз больше света, чем Солнце, называются звездами-гигантами, а звезды с еще более мощным излучением — сверхгигантами. Наоборот, звезды с малой светимостью получили наименование звезд-карликов. Наше Солнце и по своей светимости и по размерам — средняя звезда.

Среди звезд, усматриваемых простым глазом и в небольшие телескопы, большинство составляют гиганты и сверхгиганты. Это объясняется тем, что только такие звезды видны с огромных расстояний. На самом же деле в звездном мире карликов гораздо больше, чем гигантов. В большинстве случаев эти названия—«гиганты» и «карлики» — говорят и о размерах звезд, т. е. о том, что гиганты очень велики, а карлики очень малы.

Так, диаметр звезды Бетельгейзе в 350 раз превосходит диаметр Солнца. Есть звезды, превосходящие Солнце по диаметру в 1000—2000 раз, а по объему в несколько миллиардов раз.

Но существуют звезды, по размерам значительно меньшие, чем Солнце. Среди них особенно выделяются так называемые «белые карлики». Первый из них по времени открытия — спутник Сириуса — размером меньше планет Урана и Нептуна, а некоторые белые карлики меньше Земли и даже меньше Марса.

Астрономы смогли установить для многих звезд не только их действительные размеры, но и массы. Результаты оказались поразительными: несмотря на огромную разницу в размерах звезд, массы их не так сильно отличаются от массы Солнца. Редко встречаются звезды с массой, более чем в 5—10 раз превышающей массу Солнца, а равно и звезды с массой менее 0,3—0,5 солнечной. Это значит, что средняя плотность вещества (масса, деленная на объем) в звездах-гигантах должна быть чрезвычайно мала (в тысячи раз разреженнее комнатного воздуха), а в звездах — белых карликах она невообразимо велика (в десятки тысяч раз плотнее воды). Иначе говоря, в 1 $см^3$ звезды-гиганта вещества ничтожные доли грамма, а в таком же объеме звезды-карлика — тонны и даже десятки тонн.

Известно, что 1 $м^3$ воды весит около тонны, 1 $м^3$ вещества звезды Бетельгейзе весит $^3/_4$ $Г$. В 1 $см^3$ воды 1 $Г$, а в 1 $см^3$ вещества белого карлика, называемого звездой Койпера, десятки тонн.

Все это говорит о большом разнообразии в мире звезд — этих далеких солнц, кажущихся нам лишь искорками света.

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Блеск многих звезд подвергается изменениям. В одних случаях эти изменения заметны невооруженным глазом, в других они требуют особых способов измерения. Изменения блеска звезд различны также и по времени, в течение которого они происходят: одни звезды заметно изменяют свой блеск за несколько минут, другие — в течение десятков и сотен дней. Звезды, меняющие свой блеск, называются переменными. К середине 1958 г. их было известно около 15 000. Они включены в каталог переменных звезд, составленный в СССР. Вся работа по учету переменных звезд возложена Международным астрономическим союзом на советских, главным образом московских, ученых.

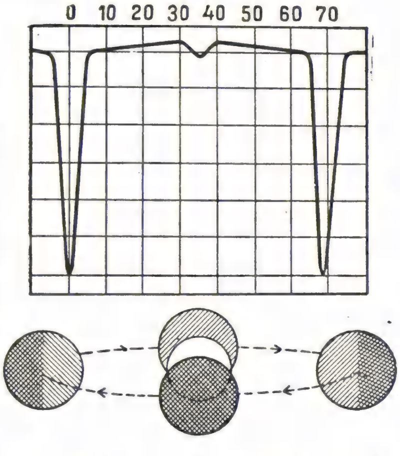
Не следует смешивать изменения блеска самих звезд с быстрыми и постоянно наблюдаемыми переливами их света — с мерцанием. Мерцание вызывается преломлением лучей света при их прохождении сквозь разные слои земной атмосферы.

Вот один из примеров переменных звезд. Звезда дельта Цефея за каждые 128 часов 47 минут изменяет свой блеск в два раза.

Объяснение этих изменений заключается в том, что подобные звезды — их называют цефеидами — периодически то как бы раздуваются, увеличиваясь в размерах, то сжимаются. При этом изменяются размеры звезд и их температура. Значит, это какие-то «неустойчивые звезды». Все цефеиды — гиганты, звезды большой светимости, многие из них сверхгиганты, к ним относятся звезды с наибольшей светимостью. И вот что замечательно: чем больше светимость, тем больше период изменения блеска любой цефеиды. Установив наблюдениями период изменения блеска звезды-цефеиды, можно вычислить ее светимость. А это значит, что можно выяснить расстояние до этой звезды. В самом деле, если в каком-либо очень далеком скоплении звезд обнаружена цефеида, то по наблюдениям определяют период изменения ее блеска, а отсюда и светимость. А после этого легко вычислить, на каком расстоянии находится эта цефеида, если она при данной светимости представляется нам по своему видимому блеску звездой такой-то величины. А так как цефеида находится в звездном скоплении, то расстояние до нее является тем самым и расстоянием до этого звездного скопления. Размеры скопления, как бы ни были они велики, ничтожны по сравнению с расстоянием

до него, а это значит, что все входящие в него звезды находятся на приблизительно одинаковых расстояниях от нас. Периоды изменения блеска цефеид бывают от нескольких десятков минут до 45 суток.

Ряд звезд, изменения блеска которых сопровождаются также изменениями их температуры, имеет периоды почти до двух лет. Это так называемые долгопериодические переменные звезды. Одна из них находится в созвездии Кита. Ее обозначают греческой буквой «омикрон». В наибольшем блеске она почти так же ярка, как Полярная звезда. В наименьшем же блеске она видна только в телескоп. За такое удивительное изменение блеска эту звезду называют Мира, что по-латыни значит «удивительная». Ее период около 330 суток.



Кривая изменения блеска звезды Алголь. По горизонтали указано время в часах. Внизу — схема движения спутника Алголя.

Переменные звезды этого типа также являются звездами-сверхгигантами.

Среди переменных звезд наблюдаются и такие, периоды у которых непостоянны. Они называются полуправильными и неправильными переменными звездами.

Существуют звезды, которые внезапно и очень быстро изменяют свой блеск, разгораясь, можно сказать, на глазах наблюдателей: в течение нескольких десятков часов звезда увеличивает свой блеск в десятки и сотни тысяч раз. Затем после вспышки блеск такой звезды начинает ослабевать, сначала довольно быстро, а затем очень-очень медленно. Через несколько лет звезда становится опять такой же, какой она была до вспышки. Эти звезды получили название новых. Раньше думали, что это действительно вновь появившиеся звезды. Но все эти звезды существовали и ранее — они обнаруживаются как слабые звезды на фотоснимках звездного неба, сделанных ранее.

Некоторые из новых звезд (а может быть, и все) вспыхивают неоднократно. Так внезапно вспыхивать и увеличиваться в размерах со скоростью, равной сотням километров в секунду, могут очень горячие звезды, имеющие особое, неустойчивое состояние. При вспышке их наружные газовые слои срываются и с огромной скоростью несутся в пространство. С течением времени эти газы совершенно рассеиваются.

В редких случаях наблюдаются вспышки так называемых сверхновых звезд. Они отличаются тем, что их светимость во время вспышки бывает в десятки и сотни миллионов раз больше светимости Солнца. В настоящее время ученые — астрономы и физики много работают над решением вопроса о том, какие физические причины вызывают такое грандиозное явление, как вспышки сверхновых звезд.

ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ

Многие звезды при наблюдении их в телескоп оказываются двойными. Они так далеки от нас, что для невооруженного глаза не заметен существующий между ними промежуток. В ряде случаев такие две звезды находятся одна за другой почти точно в одном направлении от нас, но одна к нам ближе, а другая гораздо дальше. Эти звезды на самом деле никак не связаны между собой и называются оптически двойными звездами.

Но многие из двойных звезд и на самом деле находятся недалеко друг от друга в пространстве. При значительной близости они оказывают друг на друга настолько сильное притяжение, что не только движутся в пространстве вместе, но и обращаются вокруг общего центра тяжести за определенный период. Если одна из этих звезд значительно более массивна, чем другая, то менее массивная движется вокруг более массивной. Их называют физически двойными звездами, в отличие от оптически двойных. Теперь известно около 40 000 двойных звезд. Если одна звезда из пары, обращаясь вокруг другой, заслонит ее от нас, то свет такой системы звезд ослабеет, так как свет закрываемой будет доходить до нас не полностью. Звезды, видимый блеск которых периодически изменяется из-за их взаимных затмений при движении, называются затменно-двойными или затменно-переменными. Но, конечно, действительная светимость затмеваемой звезды и звездной пары в целом при этом не меняется. Поэтому затменно-переменные звезды нельзя смешивать с обычными переменными («физически переменными», как говорят астрономы), у которых

действительно меняются их светимость и температура. Наиболее известна затменно-переменная звезда Алголь (бета Персея). Даже в самые сильные телескопы она видна как одиночная. Но ее по временам закрывает спутник. Изменения блеска Алголя происходят с поразительной правильностью — на протяжении 68 часов 49 минут. Из этого времени 59 часов Алголь светит постоянным блеском, а затем за 5 часов блеск ослабевает в три раза. За следующие 5 часов звезда опять достигает прежнего блеска.

Двойственность многих звезд астрономы установили при изучении их спектров, когда были замечены периодические смещения линий в спектрах таких звезд. Исследование этих изменений привело к открытию очень важного факта: в системе какой-нибудь двойной звезды движения пары звезд происходят в плоскости, близкой к лучу зрения. В этом случае, двигаясь совместно вокруг общего центра тяжести, одна звезда по временам периодически приближается к нам, в то время как другая удаляется. В силу этих движений линии спектров обеих звезд то совпадают (когда звезды движутся поперек луча зрения, т. е. перпендикулярно к лучу зрения), то начинают расходиться (одна звезда движется к нам, другая — от нас), то опять сливаются (звезды снова движутся перпендикулярно к лучу зрения) и т. д. Изучение этого явления привело астрономов к важным результатам (см. стр. 487).

Были обнаружены и более сложные системы звезд: звезда в телескоп видна двойной, а линии в спектрах звезд, составляющих такую пару, раздваиваются и колеблются. Значит, каждая звезда пары оказывается в свою очередь двойной. Это уже системы **кратных звезд** — четырех и даже более.

ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ

Редко кто не обращал внимания на замечательную тесную группу слабых звезд, называемую в народе **Стожарами**. Астрономы эту группу звезд называют **Плеяды**.

Невооруженным глазом в Плеядах можно различить 6—7 звезд, расположенных очень близко друг к другу. В телескоп их видно здесь более сотни на небольшой площади. Это и есть одно из скоплений, в котором звезды образуют более или менее обособленную систему, связанную общим движением в пространстве. Диаметр этого звездного скопления около 50 световых лет. Но даже и при видимой тесноте звезд в этом скоплении они на самом деле достаточно далеки друг от друга.

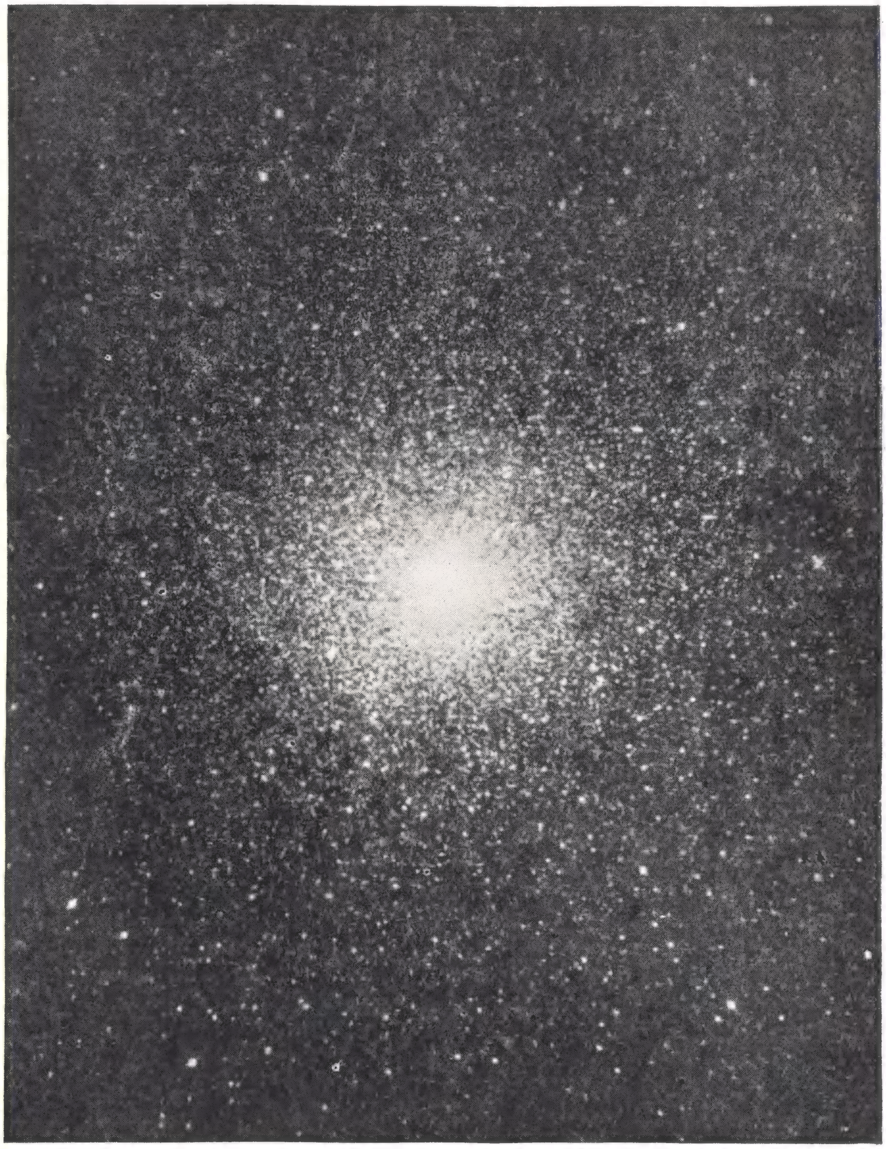
Фотография звездного скопления Плеяды.

Плеяды находятся в созвездии Тельца. В этом же созвездии, окружая его главную — самую яркую — красноватую звезду Альдебаран, находится другое, более разбросанное звездное скопление — **Гиады**.

Некоторые звездные скопления в слабые телескопы имеют вид туманных, размытых пятнышек. В более сильные телескопы эти пятнышки, особенно к краям, распадаются на отдельные звезды. Большие телескопы дают возможность установить, что это особенно тесные звездные скопления, имеющие шаровидную форму. Поэтому подобные скопления получили название **шаровых**.

Шаровых звездных скоплений ныне известно больше сотни. Все они очень далеко от нас. Каждое из них состоит из сотен тысяч звезд.

ДВИЖЕНИЕ ЗВЕЗД



Фотография шарового звездного скопления в созвездии Геркулеса.

На протяжении многих веков астрономы называли звезды «неподвижными», отличая их этим названием от планет, которые, как мы уже знаем, движутся, «блуждают» на фоне звезд.

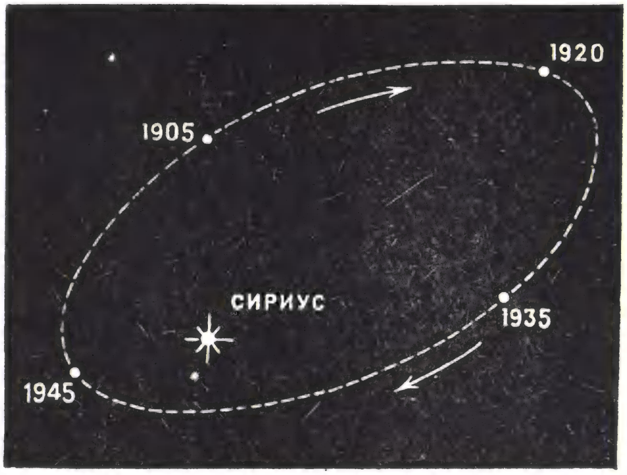
Точные измерения видимых положений звезд и сравнение этих положений с наблюдениями, сделанными в древние времена, привели английского астронома Галлея к выводу, что звезды перемещаются, движутся в пространстве. Однако эти движения происходят на таких далеких от нас расстояниях, что лишь по прошествии многих тысячелетий изменения в расположении звезд в созвездиях могут стать достаточно заметными, даже и при самых точных наблюдениях.

Есть звезды, которые за несколько сот лет перемещаются по небу на величину видимого поперечника Луны (например, звезда 61 Лебедя, перемещающаяся в год на 5″,2).

Измерив смещение звезды за год и зная расстояние до нее, можно вычислить линейную скорость ее движения поперек луча нашего зрения. Эта скорость очень велика — чаще всего десятки километров в секунду.

Многие звезды движутся в пространстве так, что либо становятся к нам все ближе, либо удаляются от нас: они движутся по лучу зрения. Это движение невозможно обнаружить наблюдениями положений звезд. Здесь снова на помощь приходит спектральный анализ: смещение линий в спектре той или иной звезды к красному или фиолетовому концу спектра показывает, движется ли звезда от нас, или к нам.

По величине этого смещения вычисляются и скорости движения по лучу зрения. Еще в XVIII в. астрономы заметили, что звезды в области, лежащей у границы созвездий Геркулеса и Лиры, как бы расступаются в разные стороны от одной точки неба. В прямо противоположной области — в созвездии Большого Пса — звезды как бы сближаются. Такое смещение происходит потому, что сама наша солнечная система движется относительно этих звезд, приближаясь к одним и удаляясь от других. То же происходит, когда, приближаясь к лесу,



Видимые с Земли изменения положений спутника Сириуса.

мы видим, что деревья постепенно как бы расступаются перед нами, а при удалении от леса — смыкаются.

Движение солнечной системы относительно окружающих ее звезд, впервые установленное в 1783 г. В. Гершелем, происходит со скоростью около 20 *км/сек* в направлении к созвездиям Лиры и Геркулеса.

Установлено, что звезды Плеяд все движутся в одном направлении и с одинаковыми скоростями.

Случайно ли это? И случайно ли то, что эти звезды образуют определенную группу? Нет, не случайно. Звезды скопления Плеяды, несомненно, связаны друг с другом взаимным тяготением. Их связь, возможно, является результатом совместного происхождения этих звезд в далеком прошлом.

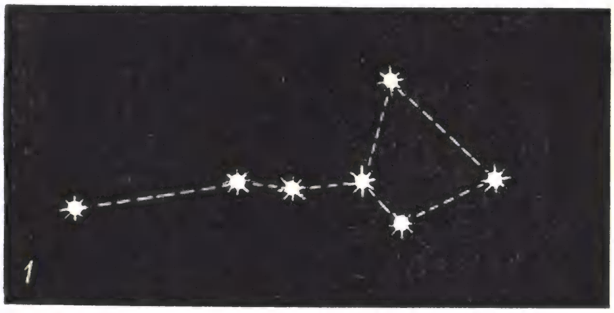
ТУМАННОСТИ

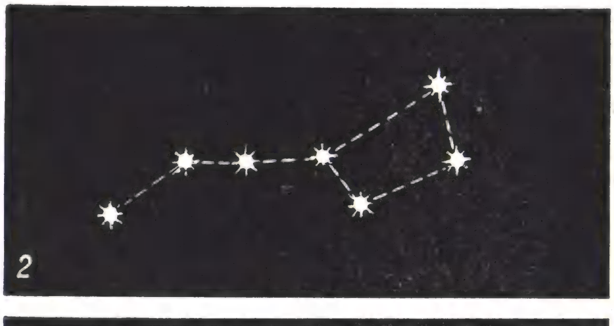
Кроме звезд, в телескоп видны слабо светящиеся небольшие туманные пятна. Они получили название туманностей. Некоторые из них имеют довольно отчетливые очертания. В числе их наблюдаются немногочисленные так называемые п л а н е т а р н ы е туманности. Внутри каждой из них, в центре, всегда есть одна очень горячая звезда.

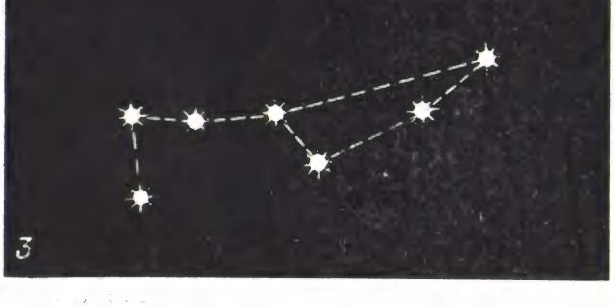
Такие туманности состоят из разреженного газа, который удаляется во все стороны от центральной звезды со скоростью десятки километров в секунду. Если газовая оболочка вокруг звезды внутри полая, то туманность имеет вид кольца, как например туманность в созвездии Лиры.

Но многие туманности не имеют определенной формы. Они похожи на клочковатый туман, растекающийся струями в разные стороны. Эти туманности называются д и ф ф у з н ы м и. Их известно несколько сот. Наиболее замечательной из них является туманность в Орионе. Она видима даже в слабый телескоп, а иногда и невооруженным глазом.

В этой огромной диффузной туманности, как и в планетарных туманностях, светятся разреженные газы под действием света горячих звезд, находящихся внутри туманности. Иногда яркая звезда освещает встретившееся с ней облако пылинок, по размерам сравнимых с





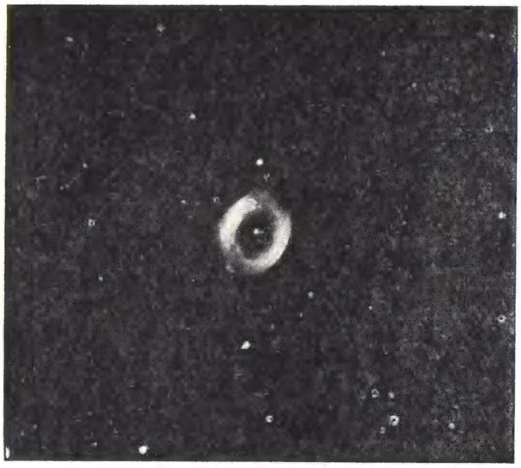


Расположение звезд ковша Большой Медведицы вследствие их собственных движений со временем изменяется.

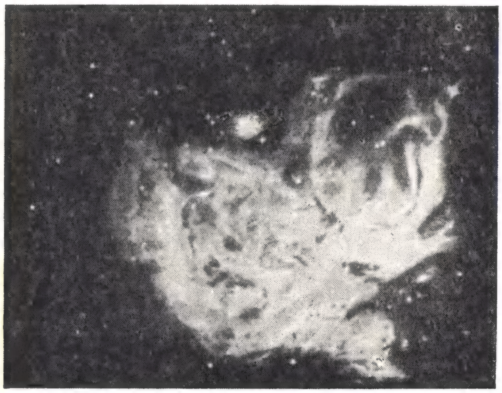
1 — вид ковша несколько десятков тысяч лет назад, 2 — в настоящее время, 3 — через несколько десятков тысяч лет.

частицами дыма. Тогда в телескоп мы видим тоже светлую диффузную туманность, но уже не газовую, а пылевую. Множество туманностей в XIX в. открыли Вильям Гершель и его сын Джон, работавший, в частности, в Южной Африке, чтобы наблюдать там южное небо. В XX столетии много газовых туманностей открыл и изучал в Крыму советский ученый Г. А. Шайн (см. стр. 491).

В большинстве случаев пылевые туманности не светятся, так как поблизости обычно не бывает звезд, способных их ярко осветить. Эти темные пылевые туманности, нередко с отчетливо обрисованными краями, обнаруживаются, как прогалины, в светлых областях Млечного Пути. Такие туманности, как Конская голова [1] (в Орионе, близ светлой диффузной туманности), представляя собой скопления мельчайшей пыли, поглощают свет находящихся за ними звезд.



Фотография кольцеобразной туманности в созвездии Лиры.



Фотография светлой диффузной туманности в созвездии Ориона.

графирование, тем больше очень далеких от нас звезд выявляется во всех областях Млечного Пути.

В Северном полушарии Млечный Путь проходит по созвездиям Орла, Стрелы, Лисички, Лебедя, Цефея, Кассиопеи, Персея, Возничего, Тельца и Близнецов.

Уходя в Южное полушарие, он захватывает созвездия Единорога, Кормы, Парусов, Южного Креста, Циркуля, Южного Треугольника, Скорпиона, Стрельца.

Непрерывным кольцом стелется Млечный Путь по небу, имея разную ширину, различную яркость и сложные очертания на всем своем протяжении. Он особенно ярок в созвездии Стрельца, которое в наших широтах высоко над горизонтом не поднимается. Поэтому в этой области Млечный Путь бывает не так заметен, как, скажем, в созвездии Лебедя, которое осенью по вечерам поднимается над горизонтом очень высоко.

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

Когда осенью вечера становятся темными, на звездном небе бывает хорошо видна широкая мерцающая полоса. Это Млечный Путь — гигантская арка, перекинутая через все небо. «Небесной рекой» называется Млечный Путь в китайских сказаниях. Древние греки и римляне называли его «Небесной дорогой».

Телескоп дал возможность выяснить природу Млечного Пути. Это сияние несметного множества звезд, настолько далеких от нас, что их в отдельности невозможно различить невооруженным глазом.

В телескопы в любом участке Млечного Пути видно бесчисленное количество звезд. Чем больше выдержка, с которой производится фото-

[1] Она названа так потому, что несколько напоминает голову коня.

НАША ЗВЕЗДНАЯ СИСТЕМА — ГАЛАКТИКА

Даже из самых общих наблюдений неба можно заключить, что Солнце находится среди множества звезд, наибольшее количество которых расположено в направлении Млечного Пути. В стороны от его светлой полосы звезд гораздо меньше. Звезды Млечного Пути и видимые отдельно от него образуют единую звездную систему.

Основы наших знаний о строении нашей звездной системы и расположении звезд в ней заложил В. Я. Струве. В настоящее время благодаря трудам многих астрономов, в частности советских ученых — П. П. Паренаго и других, известно, что эта грандиозная система — Галактика (что в переводе с греческого языка означает «Млечный Путь») — заключает в себе

около 150 млрд. звезд. По своей форме Галактика представляет собой чечевицу, или ее можно уподобить двум тарелкам, сложенным вместе.

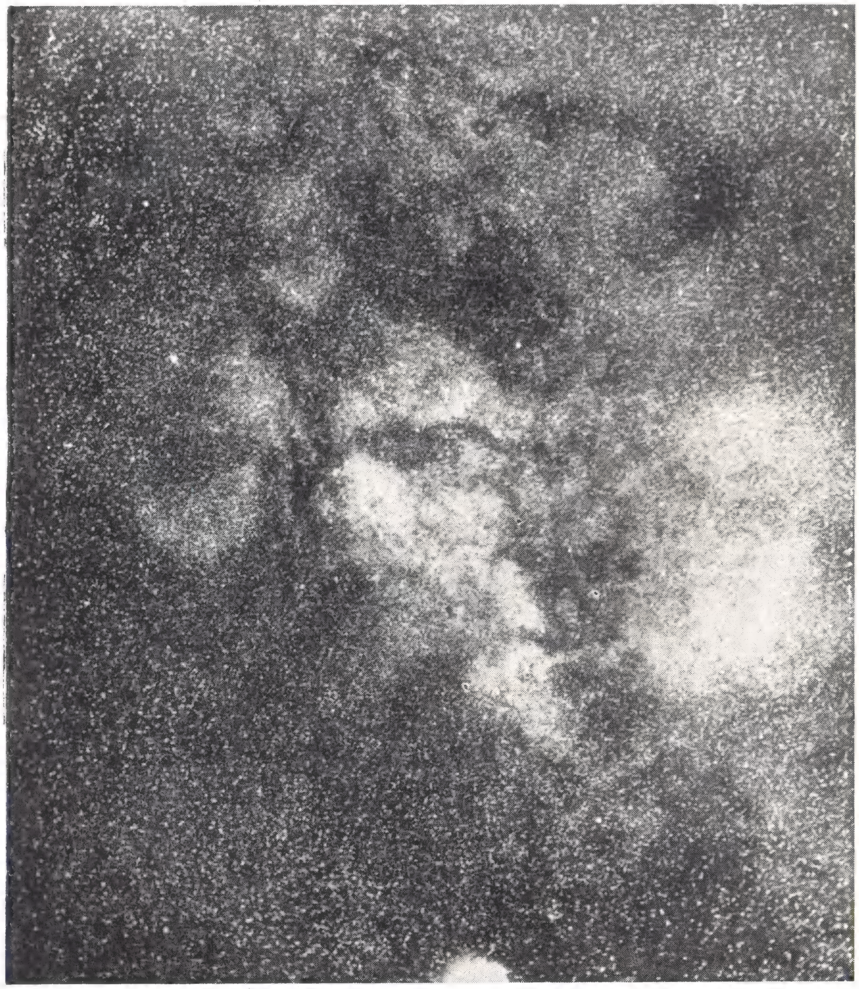
Какой вид имела бы вся эта звездная система с очень большого расстояния? С одной стороны мы увидели бы светлую полоску с некоторым утолщением в середине. Если бы мы посмотрели на эту звездную систему с другого направления (вид плашмя), то увидели бы светлое пятно с округлыми очертаниями, более яркое к центру. Центр — это ядро Галактики.

Основная масса звезд, образующих Галактику, расположена вблизи ее главной плоскости. Чем дальше от этой плоскости и чем дальше от центра Галактики, тем реже расположены звезды.

Звезды в нашей Галактике сгруппированы местами в сравнительно тесные скопления. Наиболее яркие и массивные звезды, а также большинство туманностей располагаются вблизи той плоскости, о которой мы говорили выше. Наша солнечная система находится вблизи этой плоскости, но очень далеко от центра Галактики.

Все звезды в Галактике движутся вокруг общего центра тяжести, в котором, однако, нет какого-нибудь гигантского солнца. Этот центр тяжести образуется огромным скоплением звезд в ядре Галактики. Вокруг него и совершается движение всех звезд, в том числе и Солнца.

В направлении центра Галактики пространство между звездами заполнено многочисленными темными туманностями. Свет очень далеких звезд поглощается этой межзвездной средой и значительно ослабляется. Если бы этих темных туманностей не было, центральные области Галактики сияли бы чрезвычайно ярко.



Фотография участка Млечного Пути.

Применяя особые способы фотографирования этих областей неба в не видимых глазу инфракрасных лучах, советские ученые сфотографировали гигантское звездное облако, образующее центральное сгущение в Галактике — ее ядро.

Наша солнечная система описывает вокруг центра Галактики огромный путь со скоростью около 250 *км/сек* с периодом в 185 млн. лет.

Какое место занимает наша солнечная система в Галактике?

Научные исследования с полной достоверностью показали, что место, занимаемое Солнцем среди звезд в Галактике, достаточно скромное: Солнце — рядовая звезда среди десятков миллиардов ему подобных; оно расположено вдвое дальше от центра Галактики, чем от ее края.

Центральные области Галактики видны нам в направлении созвездия Стрельца, и расстояние от нас до этих областей около 23 тыс. световых лет. От одного же края

Галактики до другого луч света проходит почти за 85 тыс. световых лет. Это и есть диаметр Галактики — нашей звездной системы.

МЕТАГАЛАКТИКА

За пределами нашей Галактики астрономы в сильные телескопы обнаружили множество звездных систем, подобных по своему строению нашей Галактике. Это другие галактики; они также состоят из миллиардов звезд-солнц. Такие галактики имеют вид туманных пятнышек, иногда еле различимых на фотоснимках.

Множество таких туманностей было открыто астрономами на протяжении XVIII и XIX вв. Передовые ученые уже тогда считали, что эти туманности — звездные системы, подобные Млечному Пути, но удаленные от нас на невообразимо огромные расстояния.

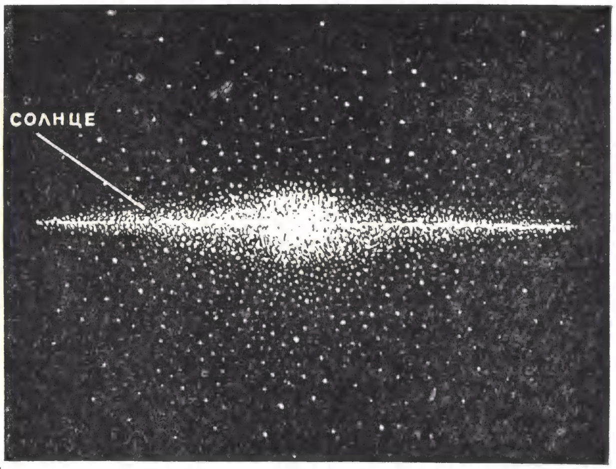
В 20-х годах нашего столетия американский астроном Хаббл впервые доказал, что подобные туманности действительно представляют собой очень отдаленные самостоятельные и нередко гигантские звездные системы (см. стр. 489).

Типичным примером таких галактик является широко известная галактика в созвездии Андромеды. В безлунную ясную ночь ее можно заметить невооруженным глазом в виде размытого светлого пятнышка величиной не менее лунного диска. Эта галактика во всем очень похожа на нашу Галактику. Мы видим ее несколько наклоненной к лучу зрения. Находится она от нас на расстоянии более миллиона световых лет. Наиболее яркие ее части имеют спиральное строение. По размерам она больше нашей Галактики.

Другая широко известная галактика видна в созвездии Гончих Псов. Она также имеет спиральное строение.

Сейчас астрономам известны миллионы галактик. Обнаружены целые скопления и облака галактик. Есть все основания думать, что все видимые в настоящее время галактики составляют часть, и притом не очень большую часть, неизмеримо более грандиозной космической системы — Метагалактики. До ее границ пока не могут проникнуть даже самые мощные телескопы.

Итак, известная нам в настоящее время часть Вселенной — только часть Метагалактики, в которой наша Галактика занимает положение рядовой звездной системы. Кто знает, может быть, и Метагалактика является членом еще более грандиозной системы. Вообще звездных систем в бесконечной Вселенной бесчисленное множество.



Схематическое изображение нашей Галактики в поперечном сечении и место в ней солнечной системы.

Фотография спиральной туманности в созвездии Андромеды. Эта соседняя с нами галактика видна на фоне звезд нашей Галактики.

Спиральная туманность в созвездии Волосы Вероники, видимая с ребра.

ЕСТЬ ЛИ КОНЕЦ ВСЕЛЕННОЙ?

Мы называем словом «Вселенная» все, что существует во всем окружающем нас пространстве. Иначе говоря, Вселенная включает в себя все, что существует и на Земле и бесконечно далеко от нашей планеты и Солнца.

Есть ли конец мировому пространству?

Есть ли границы Вселенной?

С усилением мощи телескопов дальше и дальше проникает взор астрономов в глубины окружающего нас мирового пространства, но нигде не замечается никаких признаков границ Вселенной. И мы приходим к естественному выводу. Вселенная б е с к о н е ч н а. Во всех направлениях тянется мировое пространство с неисчислимым множеством звездных систем, таких, как наша Галактика. В этом пространстве собраны целые объединения звездных систем — галактик, в которых каждая отдельная галактика с ее мириадами звезд-солнц является только рядовым членом. Но все это — только часть бесконечной Вселенной.

КАК ПРОИЗОШЛИ ЗЕМЛЯ И ДРУГИЕ НЕБЕСНЫЕ ТЕЛА

Откуда взялись Земля, Солнце, Луна и звезды? Всегда ли они были такими, какими мы их сейчас видим?

Люди интересовались этими вопросами с давних пор, но правильно ответить на них было очень трудно, потому что для этого надо сначала узнать, что же эти светила собой представляют и как они движутся.

В древности служители культа — жрецы объявляли себя всезнающими. Они придумали легенды о происхождении мира. В разных странах и в разное время эти легенды были раз-

личны, но во всех этих легендах высказывалась одна и та же мысль: мир создан сразу, целиком, по воле сверхъестественных сил — богов — и с тех пор не изменяется, а существует таким, каким мы его видим.

В эти легенды люди верили, потому что не знали действительных причин многих явлений природы. Ведь только в XVIII в. был открыт великий закон природы о сохранении вещества и энергии его движения. Может меняться только состояние веществ: например, водяной пар превращается в воду или вода превращается в лед. То же касается энергии движения: например, энергия движения воды на Днепрогэсе превращается в электричество, которое приводит в движение машины, освещает квартиры и улицы города и т. д. Движение не уничтожается, оно только меняет свою форму.

Не понимая и не зная этого, но наблюдая, как человек своим трудом может создавать разные предметы, люди считали, что и весь мир сделан каким-то существом, но, конечно, существом необычайно могущественным. Так и возникли различные легенды и религиозные мифы о сотворении мира.

Но постепенно накоплялись знания о строении солнечной системы и звездного мира. Эти знания и послужили основой для создания научных гипотез о происхождении небесных тел.

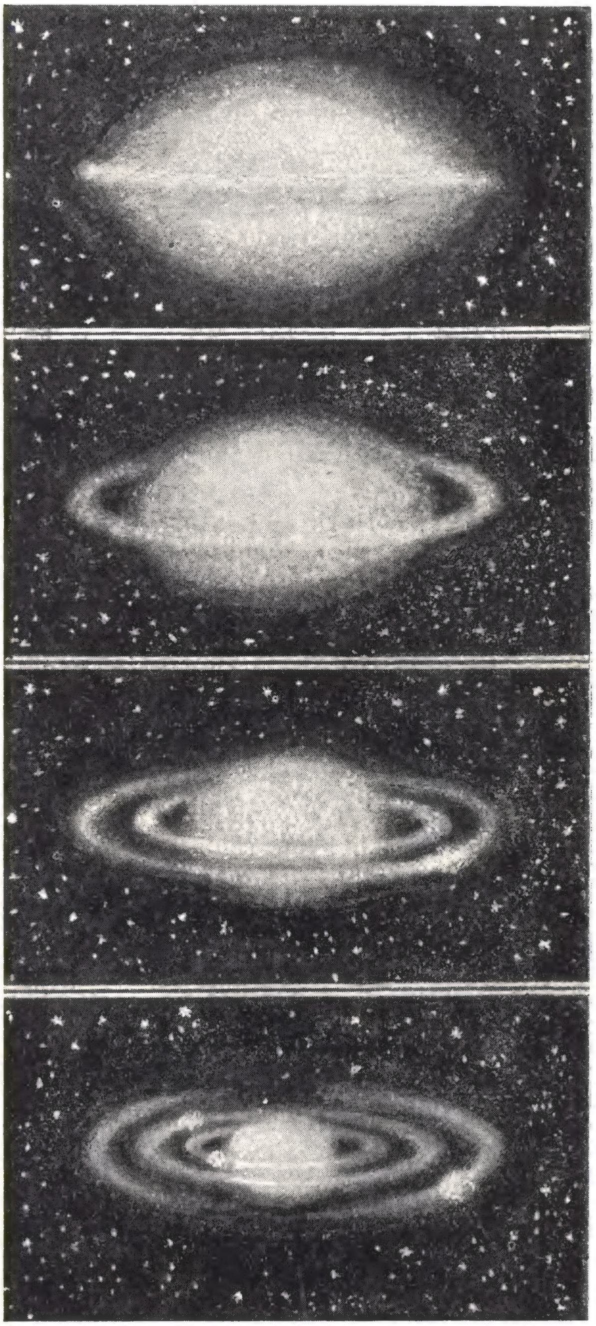
Научное предположение о происхождении Земли и других небесных тел впервые выдвинул немецкий философ И. Кант. Это было в 1755 г. В конце того же века, не зная ничего о мыслях Канта, к сходному же заключению пришел выдающийся французский ученый Лаплас. Поэтому часто говорят о научной гипотезе (т. е. о научном предположении) Канта и Лапласа, хотя в их воззрениях было немало существенных различий.

Кант и Лаплас обратили внимание на то, что Солнце горячее, а Земля холодная и по своему размеру много меньше, чем Солнце. В то же время Земля — лишь одна из планет. Все планеты обращаются вокруг Солнца почти по окружностям, в одну и ту же сторону и почти в одной и той же плоскости. Это составляет основные отличительные черты солнечной системы, которые должны быть объяснены в первую очередь.

Кант и Лаплас утверждали следующее: все в природе непрерывно изменяется, развивается (иначе — эволюционирует). И Земля и Солнце раньше не были такими, какие они сейчас; было время, когда составляющее их вещество существовало совсем в другом виде.

Лаплас обосновал свою гипотезу более подробно и убедительно. Как же он представлял себе возникновение солнечной системы?

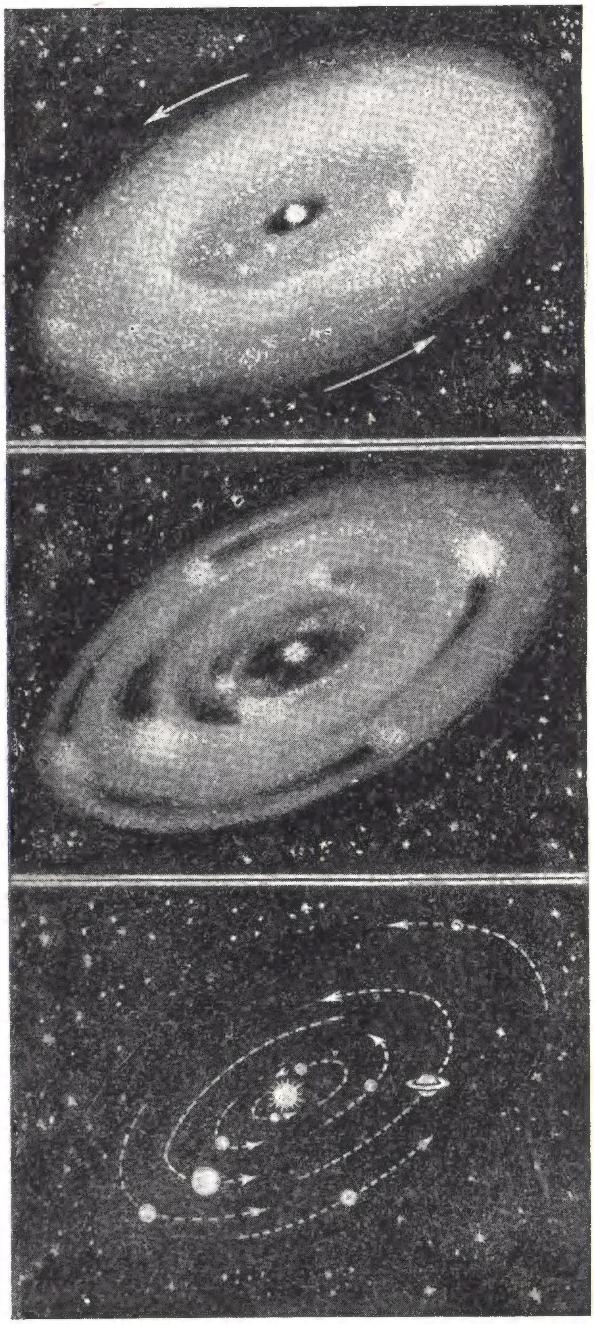
Когда-то, говорил Лаплас, солнечной системы не было, а была первичная разреженная и



Образование солнечной системы по гипотезе Лапласа.

раскаленная газовая туманность с уплотнением в центре. Она медленно вращалась, и размеры ее были больше, чем поперечник орбиты самой удаленной от Солнца планеты.

Притяжение частичек туманности друг к другу — притяжение, свойственное всем телам, — приводило к сжатию туманности, к уменьшению ее размеров. По известному из опытов закону механики, при сжатии вращающегося тела скорость его вращения возрастает.



Образование солнечной системы по гипотезе О. Ю. Шмидта.

Вы можете в этом убедиться сами. Сядьте на легко вращающуюся табуретку у пианино и вертитесь, держа в вытянутых руках какую-либо тяжесть. Если затем вы прижмете руки к груди, то вращение ваше ускорится.

Но когда тело вращается быстрее, возрастает центробежная сила. Например, если вы вращаете камень, привязанный к веревке, слишком быстро, веревка может лопнуть, и камень оторвется.

Так и при вращении туманности большое количество частичек на ее экваторе (вращающихся быстрее, чем у полюсов) отрывалось, или, точнее, отслаивалось, от нее. Вокруг туманности возникало вращающееся кольцо. Вместе с тем туманность, круглая вначале, вследствие центробежной силы сплющивалась у полюсов и становилась похожей на линзу. По этой же причине сплющивается стальной обруч, надетый на ось и вращающийся на центробежной машине.

Все время сжимаясь и ускоряя свое вращение, туманность отслаивала от себя кольцо за кольцом, которые вращались в одну и ту же сторону и в одной и той же плоскости.

Но газовые кольца не могли быть везде одинаково плотными. Наибольшее из сгущений в каждом кольце постепенно притягивало к себе остальное вещество кольца. Так каждое кольцо превращалось в один большой газовый клубок, вращавшийся вокруг своей оси. После этого с ним повторялось то же, что с огромной первичной туманностью: он превращался в небольшой шар, окруженный кольцами, опять сгущавшимися в небольшие тела. Последние, охладившись, становились спутниками больших газовых шаров, обращавшихся вокруг Солнца и после затвердения превратившихся в планеты. Наибольшая часть туманности сосредоточилась в центре; она не остыла до сих пор и стала Солнцем.

Гипотеза Лапласа была научной, потому что она основывалась на законах природы, известных из опыта. Законы тяготения и центробежной силы действительно существуют в природе.

Однако после Лапласа были открыты новые явления в солнечной системе, которые его теория не могла объяснить. Например, оказалось,

что планета Уран вращается вокруг своей оси не в ту сторону, куда вращаются остальные планеты. Были лучше изучены свойства газов и особенности движения планет и их спутников. Эти явления также не согласовались с гипотезой Лапласа, и от нее пришлось отказаться.

Развитие науки привело к более точному и глубокому знанию природы.

На смену гипотезе Лапласа выдвигались другие объяснения происхождения солнечной системы. При этом некоторые ученые за рубежом, так или иначе связанные с религией, нередко предлагали такие гипотезы, которые по возможности были согласованы с религиозными представлениями о сотворении мира.

Такие гипотезы в противоположность гипотезам научным, материалистическим, не двигают науку вперед, а ведут ее в тупик. Материалистическая наука утверждает, что вещество существует вечно и вечно развивается без вмешательства несуществующих божеств.

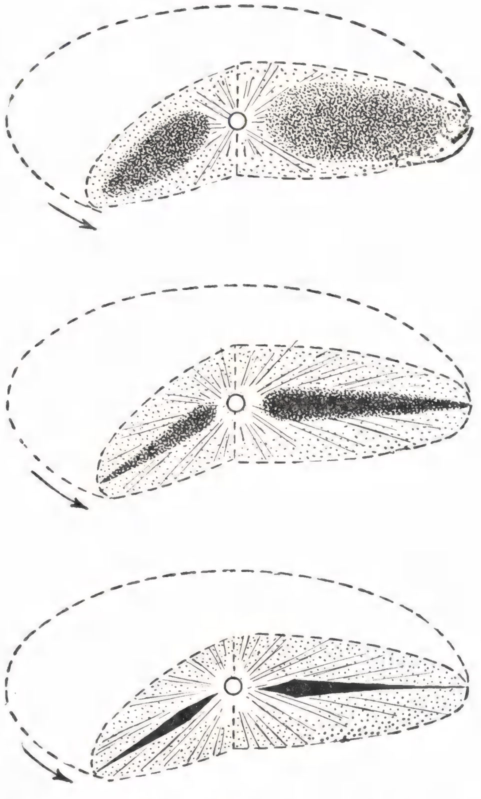
Опровергая псевдонаучные гипотезы, советские ученые наряду с прогрессивными учеными других стран упорно работают над решением труднейшего вопроса о происхождении солнечной системы и Земли.

Известный советский ученый академик О. Ю. Шмидт предложил гипотезу, в разработке которой приняли участие научные сотрудники Геофизического института Академии наук СССР и другие советские ученые. В своей гипотезе О. Ю. Шмидт, основываясь на ряде данных науки, пришел к выводу, что Земля и планеты никогда не были раскаленными газовыми телами, подобными Солнцу и звездам, а должны были образоваться из холодных, твердых частиц вещества.

Если допустить, что некогда вокруг Солнца существовало колоссальное облако из газа и пыли, то в дальнейшем, по расчетам О. Ю. Шмидта и его сотрудников, должно было происходить следующее: бесчисленные частички при своем движении сталкивались бы друг с другом и потому стремились двигаться так, чтобы не мешать друг другу. А для этого нужно, чтобы все их пути расположились почти в одной плоскости и стали круговыми. Вращаясь вокруг Солнца по окружностям различного размера, частички уже не станут сталкиваться друг с другом.

При этом направление вращения в какую-либо определенную сторону со временем начнет преобладать, и в конце концов все частички станут вращаться в одну и ту же сторону.

Так вместо первоначального беспорядочного движения частиц возникнет стройное движение их всех в одном направлении. А это значит, что и все газово-пылевое облако станет вращаться в одном определенном направлении. Если же у частичек вначале не оказалось бы такого направления, по которому вращалось большинство их, то из них планеты образоваться не могли бы.



Образование солнечной системы по гипотезе О. Ю. Шмидта. На схеме показано постепенное уплотнение метеоритно-пылевой туманности вокруг Солнца.

Но в результате столкновений частичек при первоначальном беспорядочном движении энергия их движения частично переходила в тепло и рассеивалась в пространство. До некоторой степени сходно с этим теряет свою энергию движения (т. е. уменьшает свою скорость) ружейная пуля, нагревающаяся при преодолении сопротивления воздуха.

Потеря движения сталкивающихся частичек, как показывают расчеты, вела к тому, что шарообразное облако постепенно сплющивалось и наконец стало по форме похожим на блин.

Но, когда частички приблизились к одной плоскости, расстояния между ними стали меньше и они начали заметно притягивать друг друга. Они объединялись, уплотнялись, причем особенно быстро росли в размере и в весе крупные частички. Они и притягивали к себе сильнее и столкнуться с ними было легче.

Постепенно бо́льшая часть пылинок в блиноподобном облаке таким путем собралась в несколько гигантских комков вещества, которые стали планетами. Ком — будущий Юпитер «пожирал» страшно много вещества со стороны, ближайшей к Солнцу, и мешал частичкам соединиться вместе: он притягивал их к себе. По другую же сторону от будущего Юпитера, дальше от Солнца и от Юпитера, образовался вскоре другой крупный ком — будущий Сатурн, который соперничал с «зародышем» Юпитера в поглощении мелких частиц.

Поэтому рядом с Юпитером, ближе к Солнцу, не возникло большой планеты, а образовалось много мелких и разрозненных: возникли астероиды, или малые планеты.

Впрочем, они могли образоваться и в результате того, что возникшая все же здесь сравнительно небольшая планета по какой-то причине распалась на части. Так, по крайней мере, предполагают некоторые ученые.

О. Ю. Шмидту удалось рассчитать, что в середине планетной системы должны были возникнуть самые крупные планеты, а ближе к Солнцу — более мелкие и далее всего от него — тоже мелкие, такие, как Плутон. За Плутоном мы уже едва ли откроем крупные планеты, подобные Юпитеру и Сатурну. Чем больше возникающая планета, тем больше вещества она должна вобрать в себя из «окрестностей». Эта гипотеза позволила О. Ю. Шмидту, а потом В. Г. Фесенкову и другим ученым теоретически обосновать существующие расстояния планет от Солнца и расстояния между планетами, что раньше сделать никому из астрономов не удавалось.

Точно так же О. Ю. Шмидту впервые удалось доказать расчетами, что при косом падении частичек на зародыши планет последние станут вращаться непременно в ту же сторону, в какую они обращаются вокруг Солнца, как это и есть в действительности. Только для самых далеких планет вращение под действием косых ударов может принять обратное направление.

Зародыши планет, особенно крупных, должны были окружаться скопищами мелких частиц (т. е. облаками пыли и газа), из которых возникали спутники планет — их луны, подобно тому как сами планеты возникали из газово-пылевого облака, окружавшего Солнце.

При собирании пыли и газа в планеты происходило одно важное явление, о котором раньше тоже не догадывались. Советские ученые нашли, что вследствие нагревания Солнцем пылинок из них выделялись газы. Наиболее легкие и летучие из них, в особенности водород, рассеивались в пространство навсегда, чему помогало давление солнечных лучей, точно так же как солнечные лучи отталкивают газовые частицы кометных хвостов. Но так было лишь вблизи Солнца, которое прогревало толстый слой пыли до некоторой глубины.

Дальше, где находится Юпитер, солнечные лучи не проникали сквозь толстый слой пыли в блинообразное облако, и там водород уцелел. При сильном холоде, который был в этой части облака, водород намерзал на пылинках, оседал на них, подобно инею, покрывающему на рассвете в осеннее утро холодную поверхность камней.

Поэтому в состав планет, формирующихся вблизи Солнца, например в состав Земли, водород почти не вошел, а вдали от Солнца гигантские планеты, наоборот, оказались очень богатыми водородом. Поэтому в среднем вещество, из которого состоят дальние планеты, гораздо легче, чем вещество планет, близких к Солнцу.

О ПЕРВЫХ «ДНЯХ» ЗЕМЛИ

Возникновение планет из газово-пылевого облака длилось очень долго. О. Ю. Шмидт впервые в истории науки смог подсчитать, исходя из своей гипотезы образования Земли, что с тех пор, как Земля собиралась из мелких частиц, прошло около 6—7 млрд. лет. Это приблизительно согласуется с тем, что мы знаем о возрасте земной коры, т. е. тех ее поверхностных слоев, которые существуют как нечто твердое, уже не перемешивающееся с другим веществом, приходящим изнутри Земли или из межпланетного пространства.

Как мы могли узнать, сколько лет назад сформировалась земная кора, конечно подвергавшаяся и впоследствии изменениям?

Есть замечательные химические вещества (элементы) — уран, радий и др., — которые обладают свойствами сами по себе распадаться на части и постепенно превращаться в другие вещества и в конце концов в свинец. При этих удивительных превращениях выделяется газ гелий и вместе с тем выделяется тепло. Как мы

увидим дальше, изучение выделившегося тепла при этих превращениях было очень важно для выяснения истории нашей Земли.

Скорость распада урана и радия известна и строго постоянна. Чем дольше продолжается распад урана — одного из самых тяжелых химически простейших веществ, содержащихся в данном камне,— тем меньше его там остается, но тем больше накапливается в составе камня свинца и гелия. По тому, сколько урана осталось еще в горной породе и сколько в ней уже накопилось гелия и свинца, можно установить, сколько же времени продолжается распад урана. Это и будет определять абсолютный возраст горной породы, содержащей уран.

Так установили, что самые древние каменные пласты земной коры образовались около 2—3 млрд. лет назад. Этот вывод согласуется с определением возраста нашей планеты О. Ю. Шмидтом. До сих пор теоретически никто не мог рассчитать, сколько тысяч или миллиардов лет должна была формироваться Земля по той или другой гипотезе, знали лишь, сколько лет примерно существует ее кора.

Ранее многие считали, что Земля нéкогда была огненно-жидкой, а еще раньше — газообразной. Ссылались на извержение раскаленной лавы из кратеров действующих вулканов. После остывания лава каменеет. Многие думали, что Земля остывает, сохраняя еще запас тепла в своих глубоких недрах. Согласно гипотезе О. Ю. Шмидта, Земля никогда не была огненно-жидкой. При столкновении частиц, когда из них складывалась Земля, выделялось тепло. Но еще больше его выделялось при распаде урана и радия, входивших в состав пылинок. С уплотнением земной коры это тепло, выделявшееся в недрах, не успевало рассеяться в пространство. Так, тепло, образующееся при сжигании топлива в печи, нагревает ее, хотя стенки печи и отдают тепло комнате. Расчет показал, что Земля могла таким путем нагреться внутри примерно до 1500—3000°. При такой температуре каменные породы становятся уже вязкими, напоминающими теплый воск. В вязкой среде происходило — и, видимо, сейчас еще происходит — перемещение вещества Земли. Тяжелые вещества, например железо, опускаются вниз, а легкие поднимаются наверх. При резких перемещениях их происходят землетрясения.

Поверхность Земли охладилась ранее остальных частей, подобно печке, у которой сперва остывают стенки. Так образовалась и холодная твердая кора Земли. Местами под ней скопилось особенно много урана и радия, и там каменные породы находятся в совершенно расплавленном состоянии. Из таких бассейнов при повышении давления и происходит выдавливание (извержение) наружу раскаленной лавы.

Мысль о происхождении Земли из холодной материи и ранее высказывали прогрессивные ученые — Ф. А. Бредихин (еще в прошлом веке), В. И. Вернадский и др. Теперь эта идея приобретает все большее значение при разрешении различных вопросов геологии, в том числе и при поисках полезных ископаемых.

Так наука о происхождении небесных светил опровергает религиозные вымыслы о сотворении мира и выясняет историю нашей планеты.

ОТКУДА ВЗЯЛОСЬ ГАЗОВО-ПЫЛЕВОЕ ОБЛАКО ВОКРУГ СОЛНЦА

Такой вопрос возникал у вас, наверно, уже не раз, пока вы читали эту статью. Ответить на него определенно пока еще нельзя. Академик О. Ю. Шмидт и некоторые другие ученые раньше предполагали, что Солнце в своем обращении вокруг центра нашей звездной системы проходило сквозь огромное газово-пылевое облако, какие в изобилии встречаются в пространстве между звездами. При этом своим притяжением оно могло увлечь за собой часть этого облака. Расчеты говорят о том, что это, по-видимому, возможно. Однако для осуществления такой возможности нужно стечение ряда благоприятных обстоятельств. Многие ученые, в числе их академик В. Г. Фесенков, считают, что Солнце, а за ним и планеты возникли из одного и того же вещества и что газово-пылевое облако окружало Солнце уже со времени его возникновения.

РАЗВИТИЕ СОЛНЦА, ЗВЕЗД И ГАЗОВО-ПЫЛЕВЫХ ОБЛАКОВ

Некоторые буржуазные ученые до сих пор пытаются утверждать, что все облака пыли, газа (туманности) и все звезды возникли одновременно и давным-давно. Наблюдаемые же сейчас в пространстве облака пыли и газа являются остатками вещества, из которого возникли небесные тела. А из этих остатков, по их мнению, ничего нового возникнуть не может. Этим они подкрепляют религиозные представления о сотворении мира «в один день» — сразу из ничего,

Советский астроном Б. А. Воронцов-Вельяминов еще в 1931 г. указал, что и в наше время постоянно происходит выбрасывание газа в пространство с поверхности звезд, особенно горячих и вспыхивающих, как новые звезды. Его подсчет показал, что, может быть, даже весь газ, который мы наблюдаем между звездами, ими же и порожден. Во всяком случае, облака газа образуются и в наше время. Звездный мир — не бездеятельное скопище, обреченное на охлаждение и умирание. Это «фабрика», выбрасывающая непрестанно «продукцию» в виде газа, который при благоприятных условиях может сгущаться в пылинки и подвергаться дальнейшим превращениям.

Есть облака пыли и газа, возникшие давным-давно и есть только возникающие. Советские ученые — академик В. А. Амбарцумян и др.— в 1945—1947 гг. из ряда фактов сделали вывод, что звезды имеют разный возраст. Следовательно, есть основания утверждать, что возникают они и в наше время. Звезды рождаются преимущественно группами, как в виде гигантов, так и в виде карликов.

Вероятно, в какой-либо туманности родилось и наше Солнце, а родившиеся вместе с ним его «братья» и «сестры» уже разбрелись далеко по Вселенной.

По соображениям и расчетам академика В. Г. Фесенкова, Солнце вначале было больше и горячее, чем сейчас, оно содержало больше вещества. Постепенно теряя вещество, т. е. выбрасывая газы со своей поверхности, Солнце охлаждалось, становилось менее ярким. Эти изменения происходили с течением времени все медленнее и медленнее. Сейчас Солнце продолжает черпать свою тепловую энергию за счет превращения в его недрах водорода в гелий (при этом выделяется колоссальная энергия) и почти не остывает. Еще миллиарды лет оно будет согревать и освещать Землю так же, как сейчас, и человечеству предстоит развитие в течение сроков, во много миллионов раз больших, чем срок, который прошел со времени появления первых людей на Земле.

В мире происходит вечное движение и изменение вещества. Из газово-пылевой среды возникают звезды и вокруг них планетные системы. Развитие звезд приводит к извержению из них газов в мировое пространство. Так снова вещество принимает форму, из которой опять могут возникать уплотненные тела. Но при этих бесконечных превращениях меняются условия рождения небесных тел, меняется их состав. Природа не повторяет и не копирует себя: разнообразие возникающих небесных тел бесконечно велико. Так и на самой Земле отмирают и возрождаются те или иные формы растений и животных, и при этом растительный и животный мир непрерывно изменяется.

Огромное значение в преобразовании природы имеет человек, воздействие которого на природу основывается на изучении и использовании ее законов.

Человек, срок жизни которого — миг в сравнении с возрастом небесных тел, постигает тайны рождения небесных тел и изменяет лик своей планеты — Земли. Трудно предвидеть, до каких еще возможностей возвысится человечество, опираясь на науку и все глубже познавая природу.

РАДИОАСТРОНОМИЯ

До начала XVII в. люди изучали небесные тела, только наблюдая их невооруженным глазом. В 1609—1610 гг. великий итальянский ученый Галилей, а вслед за ним и другие астрономы направили на небо только что изобретенный телескоп. С этого времени началась новая эра в истории астрономии. По мере совершенствования телескопов безмерно расширялись и границы видимой Вселенной.

В XIX в. астрономия приобрела мощных союзников — спектральный анализ и фотографию. Их стали применять для исследования глубин Вселенной. С помощью спектрального анализа оказалось возможным узнать химический состав и многие физические особенности далеких небесных тел. Использование в астрономии фотографии расширило пределы проникновения в космические просторы и позволило подмечать происходящие там изменения. Так, с помощью телескопов, спектрального анализа и фотографии астрономия достигла огромных успехов в изучении Вселенной.

Но эти успехи стали возможны благодаря тому, что небесные тела, главным образом звезды, излучают в окружающее пространство свет. Однако известно, что свет ослабевает пропорционально квадрату расстояния от источника излучения. Расстояния же до звезд, даже ближайших, огромны. Безмерно больше расстояния до звездных систем, которые находятся далеко за пределами нашей Галактики (см. стр. 423). Поэтому до Земли, а значит, и до земного наблюдателя доходит только ничтожно малая доля света от звезд нашей Галактики. Еще меньше доходит света от других звездных систем.

Самые длинные волны — красные, самые короткие— фиолетовые. Но длина всех световых волн не превышает десятых долей микрона. Эти данные физики очень существенны в познании далеких от нас миров.

Успешное развитие физики позволило улавливать не только видимые человеческим глазом световые лучи, но и не видимые им ультрафиолетовые, рентгеновские и инфракрасные лучи. Волны ультрафиолетовых и рентгеновских лучей оказались короче волн фиолетовых лучей, а волны инфракрасных лучей — длиннее волн обычных красных лучей, хотя тоже не превышают миллиметра. Эти открытия также нашли широкое применение в астрономии.

Таким образом, астрономы всегда старались использовать достижения физики для усовершенствования методов изучения небесных тел. Сооружение все более крупных телескопов давало астрономам возможность собирать с их помощью все больше света от далеких звезд и проникать в глубь Вселенной. Применение фотографии позволило улавливать приходящие из космического пространства ультрафиолетовые лучи. В последнее время с помощью особых устройств улавливаются и инфракрасные лучи. Это очень важно, так как многие горячие звезды большую часть своей энергии излучают в виде ультрафиолетовых лучей, а холодные звезды, наоборот, излучают больше всего инфракрасных лучей. Если бы нельзя было улавливать это недоступное простому глазу излучение, то нельзя было бы составить и правильное представление о физической природе звезд. Но «улавливание» не видимых простым глазом лучей связано с большими трудностями, так как значительная часть их поглощается земной атмосферой и не доходит до поверхности Земли. Не случайно астрономы говорят, что земная атмосфера их злейший враг.

В недавнее время, после изобретения великим русским ученым А. С. Поповым радио, стало возможным изучать радиоизлучение небесных тел с длинами волн от нескольких миллиметров и немногих сантиметров до многих метров.

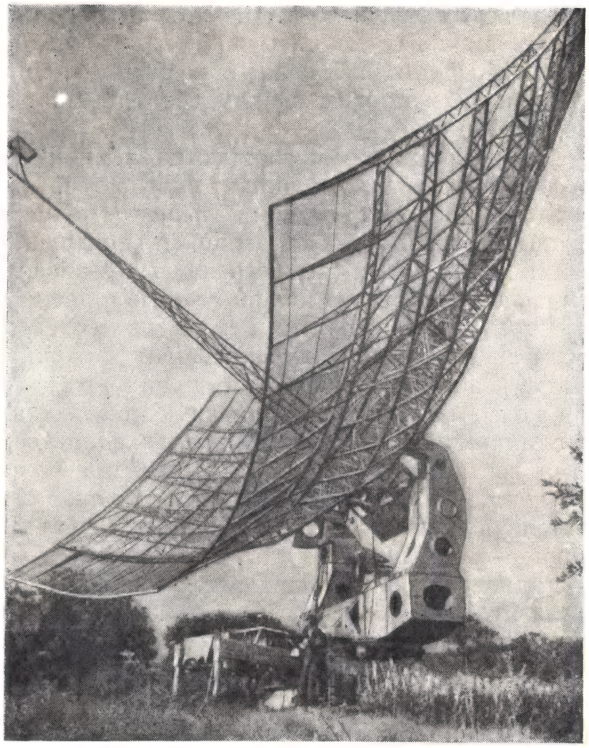
Такие волны не поглощаются земной атмосферой и свободно проходят сквозь нее. Они свободно проходят и через пылевые облака, которые рассеяны в Галактике, и поглощают свет далеких звезд. Немного лет тому назад с помощью радиоприемников ученые впервые уловили приходящее на Землю из мирового пространства радиоизлучение. Это положило начало развитию новой области науки—радиоастрономии. И если раньше единственным источником знаний о небесных телах, единственными вестниками далеких миров были световые лучи, улавливаемые земными телескопами, то теперь появились новые вестники далеких миров — радиоволны.

Радиоастрономия развивается в наше время исключительно быстро. Физики, астрономы, инженеры очень много сделали для того, чтобы создать мощные устройства для улавливания потоков космического радиоизлучения. Эти устройства получили название радиотелескопов, хотя они совсем не похожи на обычные оптические телескопы.

Радиотелескоп принимает радиоизлучение зеркалом. Оно похоже на зеркало телескопа, только оно металлическое. Иногда же зеркало радиотелескопа — сложная конструкция в виде гигантской рамы с укрепленными на ней стержнями. Они и собирают радиоволны. Современная техника уже создала и создает гигантские радиотелескопы с зеркалом диаметром во много метров и даже десятков метров. С их помощью ученые изучают все многообразие радиолучей, поступающих на Землю из мирового пространства. По особенностям принимаемых радиоволн можно судить о природе небесных тел, посылающих эти волны, и делать важные выводы.

Радиоастрономия началась с того, что было обнаружено радиоизлучение, идущее к нам из мирового пространства. Но потом ученые установили, что это радиоизлучение поступает не вообще из мирового пространства, а из определенных областей неба от определенных небесных тел и окружающей их газовой среды.

Уже в 1944 г. было установлено, что Солнце— мощный источник радиоизлучения. Потом оказалось, что радиоизлучатель — не одно Солнце, а и отдельные планеты солнечной системы, в частности планета Юпитер. Вы-



Радиотелескоп с 18-метровым зеркалом, установленный на Крымской станции Физического института Академии наук СССР, близ Симеиза.

яснилось также, что потоки радиоволн поступают на Землю из различных участков нашей звездной системы — Галактики. Наконец, стало несомненным и то, что радиоволны приходят к Земле и от других звездных систем.

Изучение космических радиоволн уже позволило сделать такие важные выводы, которые нельзя было получить никакими иными путями.

Давно уже известно, что на Солнце происходят такие грандиозные физические процессы, как появление и исчезновение пятен и извержение протуберанцев (см. стр. 377). Солнечные пятна размерами превосходят поверхность Земли, а протуберанцы поднимаются над поверхностью Солнца на сотни тысяч километров. Давно также известна и солнечная корона — внешняя оболочка Солнца; она простирается на несколько солнечных радиусов (см. стр. 378), ее температура необычайно высока, а плотность необычайно мала.

Исследования солнечного радиоизлучения позволили узнать много нового и о Солнце и о его короне.

Радиолучи исходят главным образом от хромосферы — внешней оболочки Солнца — и от окружающей солнечный шар короны. Это так называемое излучение «спокойного» Солнца. Но Солнце не всегда спокойно. Время от времени наблюдается усиление физических процессов, происходящих на Солнце. Это бывает тогда, когда на Солнце появляются особенно большие пятна, происходят мощные взрывы. Все эти гигантские возмущения на Солнце очень влияют на земные явления. В это время на Земле особенно часто бывают полярные сияния, магнитные бури, а на Солнце в тысячи, а иногда и в миллионы раз усиливается радиоизлучение (теперь уже не «спокойного», а «возмущенного» Солнца).

Радионаблюдения особенно важны для выяснения природы явлений, происходящих у нас на Земле.

Мало этого. Солнечная корона до сих пор была доступна для наблюдения только в тех пределах, в каких она испускает световые лучи. Но она простирается гораздо дальше. Радионаблюдения обнаружили «сверхкорону», которая не видна ни в какие оптические телескопы. Эта сверхкорона — продолжение видимой короны — занимает пространство в 15—20 солнечных диаметров.

Облако разреженной материи вокруг Солнца оказалось гораздо обширнее, чем думали раньше. И это смогли обнаружить только радионаблюдения.

Важную роль в радиоастрономии играет изучение радиоизлучения, приходящего на Землю из разных мест нашей звездной системы — Галактики.

Обнаружить определенные источники этого излучения было очень трудной задачей для астрономов.

Редкое, но поистине грандиозное явление — «сверхновые звезды». Малозаметные или вовсе не известные до того астрономам звезды вспыхивают с такой силой, что их излучение оказывается в миллиарды раз более мощным, чем излучение Солнца, и в тысячи раз сильнее, чем излучение обычных новых звезд. Из исторических документов нам известно, что сверхновые звезды вспыхивали в 369, 1054, 1572, 1604 гг. Остатки вспыхнувших сверхновых звезд — туманности. Они образовались из выброшенного сверхновыми звездами газового вещества. Такие туманности оказываются мощными источниками радиоизлучения.

Давно уже известно, что звездные системы — галактики — имеют различные формы. Для многих из них, и притом наиболее крупных, характерны спиральные очертания. Такова, на-

пример, гигантская галактика в созвездии Андромеды — сравнительно близкий сосед нашей Галактики. Другие звездные системы имеют эллиптическую форму, а некоторые вообще не подходят под четкое геометрическое определение. Их так и называют «неправильными» галактиками.

Какие очертания имеет наша звездная система? На этот вопрос не так легко было ответить. Мы вместе с солнечной системой находимся внутри Галактики, многие области которой скрыты от нас облаками темного пылевого вещества; оно поглощает свет находящихся за ним звезд. Для радиоволн не страшно вещество, поглощающее обычные световые лучи, и радионаблюдения помогли подтвердить уже существовавшее мнение о спиральном строении нашей Галактики. Наша Галактика действительно спиральная, и Солнце находится между двумя ее спиральными «рукавами».

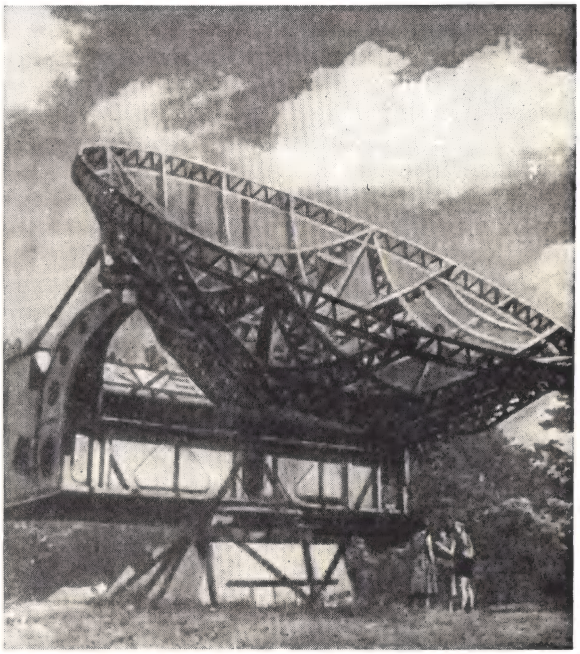
Но радиоизлучение поступает на Землю не только из пределов нашей звездной системы — Галактики. Оно поступает в земные радиотелескопы из просторов Вселенной, находящихся далеко за пределами нашей Галактики, иначе говоря—из других галактик. Конечно, и здесь радиоизлучение подчиняется общему закону—оно ослабевает пропорционально квадрату расстояния. Другие галактики очень далеки от нас. Воспринимаемое от них радиоизлучение гораздо слабее радиоизлучения нашей Галактики. Но некоторые из этих галактик оказываются необычайно мощными источниками радиоизлучения. Ослабленное из-за огромного расстояния, оно в действительности гораздо сильнее, чем излучение нашей звездной системы с ее миллиардами звезд.

Очень мощный источник радиоизлучения был обнаружен, например, в созвездии Лебедя. Откуда же возникло это радиоизлучение? Наблюдения при помощи радиотелескопа показали, что оно возникло в результате столкновения двух галактик — двух звездных систем, подобных нашей звездной системе — Галактике.

Но что значит столкновение двух звездных систем? Мы знаем на примере нашей звездной системы (а другие в этом отношении от нее не отличаются), что расстояния между звездами огромны — они в миллионы и десятки миллионов раз превышают диаметры самих звезд. Поэтому звезды внутри галактики не сталкиваются — во всяком случае, вероятность их столкновения ничтожно мала. В то же время расстояния между галактиками только в десятки раз превышают их диаметры. Поэтому столкновения галактик вполне возможны. Но благодаря гигантским расстояниям между звездами звезды одной галактики пройдут среди звезд другой галактики, не сталкиваясь с ними. Из-за огромных размеров галактик этот процесс будет длиться миллионы лет.

Иное происходит при этом с газово-пылевой материей, заполняющей пространство между звездами. Эта материя «выметается» из своей галактики, и при «выметании» создается мощный поток радиоизлучения. Сталкивающиеся галактики в созвездии Лебедя отстоят от нас на расстоянии в 300 млн. световых лет. Наши радиотелескопы воспринимают от них столько же радиоизлучения, сколько обычно его получается от Солнца. Но галактики в Лебеде в двадцать триллионов раз дальше от нас, чем Солнце. Отсюда ясно, насколько мощно радиоизлучение этих галактик.

Такими же мощными радиоизлучателями являются и некоторые другие галактики. Происхождение их радиоизлучения далеко еще не выяснено. Не оставляет сомнения, однако, то, что происхождение космического радиоизлучения связано с особенностями поведения в определенных условиях вещества звезд и газов, заполняющих межзвездное пространство.



Радиотелескоп, установленный в Ондржейове близ Праги (Чехословацкая Республика).

К решению этого вопроса наука неуклонно приближается.

Современные большие радиотелескопы способны воспринимать радиоизлучение от гораздо более далеких звездных систем, чем галактики в Лебеде, даже от таких, которые остаются совершенно недоступными для самых мощных оптических телескопов. Это значит, что подобные источники радиоизлучения отстоят от нас на многие миллиарды световых лет, они, может быть, находятся на границе Метагалактики (см. стр. 423).

Существует еще другая, очень важная и интересная отрасль радиоастрономии. Возникла она в результате изобретения прибора, называемого «радиолокатором».

Радиоволны обладают свойством отражаться от различных тел. Энергия отраженных волн значительно слабее, чем энергия радиоволн, падающих на тело. Но можно получить более мощное отражение радиоволн, если направить на предмет узкий пучок радиоволн, которые почти не будут рассеиваться в стороны. Эти радиоволны будет легче обнаружить. Для коротких радиоволн удалось создать такие приборы, антенна которых посылает радиоволны узким, но интенсивным пучком. Такой прибор называется р а д и о л о к а т о р о м. Его можно сравнить с прожектором. Свет прожектора распространяется узким, но ярким пучком только в одном направлении, не рассеиваясь по сторонам. В результате этого на далекий предмет падает более яркий свет, который отражается от него и возвращается к нам, позволяя этот предмет увидеть. Специальная антенна радиолокатора, называемая н а п р а в л е н н о й а н т е н н о й, посылает также узкий пучок радиоволн. Она может вращаться в любую сторону.

Направление антенны, при котором получаются отраженные радиоволны, всегда точно совпадает с направлением движения отразившего их предмета.

Более того, радиолокатор позволяет определить и расстояние до этого предмета. Для этого радиоволны излучают в течение коротких промежутков, как говорят импульсами, длящимися тысячные доли секунды, после чего мгновенно прибор переключается на прием отраженных радиоволн.

Как ни велика скорость распространения радиоволн (300 000 *км/сек*) и как ни мал вследствие этого промежуток времени до возвращения радиосигнала, или радиоэха, его удается измерить, а следовательно, определить расстояние до предмета.

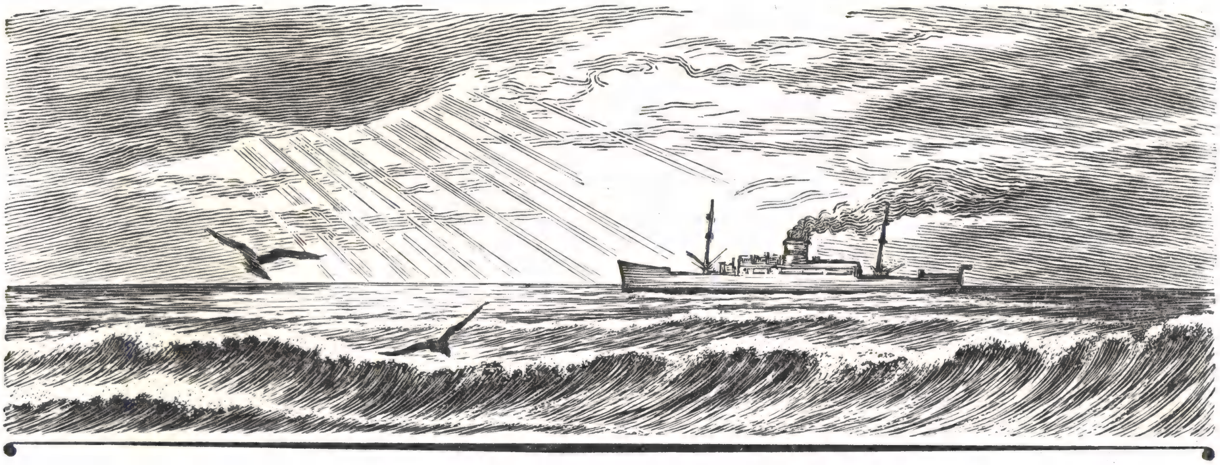
Радиоволны отражаются также от наэлектризованных газов, поэтому оказалось возможным определять расстояние до следов, оставляемых «падающими звездами» — метеорными телами. Когда метеорное тело влетает в земную атмосферу из мирового пространства, от сопротивления воздуха оно накаляется и испаряется. Метеорное тело оставляет в атмосфере свои наэлектризованные частицы и электризует частицы воздуха. В результате после пролета метеорного тела остается светящийся след. Он отражает радиоволны и позволяет установить расстояние до метеора, составляющее десятки километров. Чтобы напасть на метеорный след, антенна радиолокатора непрерывно вращается во все стороны, систематически «обшаривая» небо.

Так удается теперь определять пути метеорных тел в земной атмосфере, их скорость и торможение, а отсюда и свойства земной атмосферы на высотах, недоступных для изучения с воздушных шаров или самолетов. Замечательно, что такие исследования возможны сквозь облака, когда метеоров не видно.

В 1946 г. удалось получить радиоэхо от Луны, ближайшего к нам небесного тела, отстоящего от нас на 384 400 *км*. Время, прошедшее до получения радиоэха, оказалось около 2 секунд. Расстояние до Луны, определенное с помощью радиолокатора, совпадает с расстоянием, вычисленным ранее обычными астрономическими способами.

Успешная радиолокация Луны обещает заманчивую перспективу; возможность «прощупать» сквозь облачные атмосферы невидимые поверхности планет Венеры, Юпитера и Сатурна и узнать их рельеф.

В будущем радиоастрономия окажет ученым еще более действенную помощь в познании глубин бесконечной Вселенной.



Как астрономия помогает человеку

СЧЕТ ВРЕМЕНИ, ЧАСЫ И КАЛЕНДАРЬ

КОГДА?

Вы условились встретиться с приятелем у входа в парк. Это адрес точный, но одного адреса еще недостаточно: вы забыли сказать, *когда* — в котором часу, поэтому встреча не состоялась.

Все в мире происходит не только где-то, но и когда-то: все вещи и события имеют свой адрес не только в пространстве, но и во времени.

Время непрерывно течет, и все в мире изменяется с течением времени. Поэтому очень важно знать, когда случилось или произойдет определенное событие — год назад или через месяц; когда началось и кончилось то или иное явление, т. е. сколько времени оно длилось — десять часов или десятую долю минуты.

Поезд прошел 60 *км*, автомобиль — 40 *км*. Можно ли сказать, что поезд двигался быстрее? Нет! Если он совершил свое путешествие за час, а автомобиль — за полчаса, то, конечно, скорость автомобиля больше.

Два токаря изготовили по десять одинаковых деталей; кто из них работал быстрее? И на этот вопрос нельзя ответить, пока неизвестно, сколько времени затратил каждый из них на свою работу.

На предприятиях и железных дорогах счет времени ведут по минутам и иногда даже секундам.

В научных лабораториях приборы измеряют десятые, сотые и даже тысячные и миллионные доли секунды. На фабриках и заводах, в колхозах, учреждениях, школах — всюду необходим точный календарный план и строгий учет времени. Чтобы составить план и учитывать время, надо измерять его.

Теперь это легко может сделать каждый: несколько раз в день вы смотрите на часы, утром или вечером отрываете очередной листок календаря.

Совсем прост отрывной или табель-календарь по сравнению с хитроумным часовым механизмом, но прошли тысячи лет, прежде чем удалось разработать правильный счет времени — систему счисления суток и месяцев, чтобы создать наш календарь. И, как это ни странно, нынешний календарь менее удобен, чем тот, что существовал в Египте около 2000 лет назад.

Есть часы, которые за целый год, если даже ни разу их не проверять, ошибутся лишь на 2—3 секунды, и того меньше.

Можно ли создать такой же точный календарь, как часы? Нет, и вот почему.

Вес можно измерять килограммами или пудами. Длину, площадь, объем измеряют различными условными единицами, например метрическими. Все эти единицы измерения условные: они придуманы людьми и могут быть заменены другими.

А основные меры времени даны самой природой: с у т к и — период вращения Земли вокруг своей оси, год—период обращения Земли вокруг Солнца. Эти меры не придуманы, и их нельзя обойти: они одинаковы и обязательны для всех стран и народов.

Правда, можно измерять время при помощи других явлений, повторяющихся через одинаковые промежутки времени, но сутки и год наиболее удобны: с ними связана вся трудовая деятельность человека.

Можно условиться, что в метре 100 сантиметров, в рубле — 100 копеек, в часе — 60 минут и т. д., но нельзя устроить так, чтобы природный год содержал целое число суток, потому что это от нас не зависит. И волей-неволей мы должны приспособить календарное счисление к природным мерам времени.

Если бы в году было точно $365\,^1/_4$ или $365\,^1/_8$ суток, дело обстояло бы совсем просто: из этих четвертушек или осьмушек можно составить целые сутки. Но год содержит 365 целых суток плюс 5 часов 48 минут 46 секунд и доли секунд. Из этой «добавки» нельзя составить целые сутки: ведь 24 часа не делятся без остатка на 5 часов 48 минут 46 секунд с долями. Поэтому и невозможно разработать совершенно точный календарь.

Однако можно создать календарь, более удобный, чем тот, которым все мы пользуемся. Можно, но этому мешают обстоятельства, о которых вы скоро узнаете.

Теперь хорошо известно, сколько времени длится год, но вы, вероятно, не представляете себе, как трудно было установить это. Только многовековые астрономические наблюдения позволили определить продолжительность года, найти способ измерять время, разработать правильный календарь. В сущности астрономия и началась с измерения времени.

СУТКИ, МЕСЯЦ И НЕДЕЛЯ

После темной ночи загорается утренняя заря и наступает светлый день, а затем снова приходит вечер. Смена дня и ночи—с у т к и— и была первой природной мерой времени, открытой человеком.

В глубокой древности первобытные пастушеские племена кочевали с места на место в поисках новых пастбищ, иногда удаляясь на большое расстояние от своих становищ. Возвращаясь обратно, они находили верный путь, ориентируясь по Солнцу и звездам.

Небесные светила служили не только надежными путеводителями. В теплое время года Солнце поднимается выше, в холодное — опускается ниже к горизонту; значит, по Солнцу можно узнать о приближении лета или зимы. Положение созвездий на небе также меняется в разные времена года. Чтобы легче было следить за светилами, люди еще в древности подметили на небе группы звезд — созвездия.

В сельском хозяйстве очень важно заблаговременно знать, когда наступит время, благоприятное для пахоты, посева и уборки урожая. Вот почему астрономия уже тысячи лет назад особенно успешно развивалась в Китае, Индии, Вавилоне, Египте — у тех народов, которые еще в глубокой древности прославились культурным земледелием.

Теперь каждый из нас легко может быть «пророком» и в феврале предсказать, что через месяц придет весна. Чтобы точнее предвидеть смену времен года, надо знать продолжительность

года. Древние народы долго не знали этого. Они догадывались о том, что урожай зависит от Солнца — источника тепла и света, слепо верили в его всемогущую силу и считали его главным божеством. Но по внешнему виду Солнца трудно было уследить за сменой времен года.

Другое дело — Луна. Это самое крупное из ночных светил резко выделяется среди них не только своей величиной и яркостью: у Луны последовательно изменяется видимая форма. Едва заметный, тонкий и бледный серп постепенно преображается в светлый полукруг и блистающий во всем своем великолепии диск; затем, день ото дня уменьшаясь, Луна завершает свой путь снова узким серпом, пока совсем не исчезнет на двое-трое суток.

Странные и непонятные перемены формы Луны, их неизменно точная и строгая последовательность казались древним наблюдателям необъяснимой загадкой. Серебристый свет, словно побеждающий мрак ночи, будил фантазию и воображение людей, порождал веру в какую-то чудесную, божественную силу Луны. И, поклоняясь «царице ночи», жрецы стали следить за непонятными изменениями лика Луны.

Нетрудно было подсчитать, что все лунные фазы сменяются в течение 29—30 суток [1]; так была открыта вторая природная мера времени — м е с я ц. Недаром и до сих пор на некоторых языках, как и на русском, месяцем называют и Луну и период времени около 30 дней. По этим лунным месяцам — от одного «перволуния» до другого — китайцы и вавилоняне вели счет времени и устанавливали сроки земледельческих работ.

Сутки и лунный месяц были основными мерами времени у всех древних народов. По этим месяцам и были составлены первые календари. Вот тогда-то, около 6 тыс. лет назад, или даже еще раньше и появилось понятие «год». Годом считали 12, а иногда 13 лунных месяцев.

Начало года и первого месяца было приурочено к началу весенних полевых работ. Но сезонные изменения природы зависят не от движения Луны, а от смены времен года, от «круговорота» Солнца.

Жрецы-астрономы стали замечать, что календарь все больше расходится с временами года: ведь 12 лунных месяцев содержат только 354 дня — на 11 $^1/_4$ меньше, чем истинный год.

Чтобы устранить этот недостаток, жрецы добавляли по мере надобности дополнительный, тринадцатый месяц и таким способом подгоняли лунный календарь к срокам сельскохозяйственных работ. Сначала это был очень неудобный, путаный и произвольный календарь.

Кроме месяца, существовала еще одна мера времени — семидневная неделя. Эта мера времени лишь условно связана с лунным месяцем [1].

Семиконечная звезда в круге с названиями небесных светил и дней была священным знаком астрологов. Они считали, что каждый день и любой час находится под влиянием одного из семи светил. Так, Луна управляет понедельником и первым часом этого дня; второй час понедельника посвящен Сатурну (влево по кругу), третий час — Юпитеру и так далее до Меркурия, от которого зависит седьмой час. Восьмой час снова находится в ведении Луны, девятый — Сатурна, пятнадцатый и двадцать второй — опять Луны, двадцать третий — Сатурна и последний, двадцать четвертый, час понедельника — Юпитера. Следующий час, т. е. первый час вторника, и весь этот день уже находится под покровительством Марса. Семь различных знаков — это принятые у астрологов и астрономов обозначения планет.

В Европу она проникла из Вавилона и сохранилась до наших дней.

Вавилоняне верили, что последний день каждой недели сулит одни лишь беды и неудачи и поэтому никаких дел не следует начинать в этот зловещий, проклятый богами день. Египтяне считали, что каждый день семидневки находится под охраной и покровительством того или иного бога.

По примеру египтян древние римляне каждый день недели посвятили одному из семи богов и небесных светил: Солнцу, Луне и пяти

[1] Лунный месяц — один оборот Луны вокруг Земли — продолжается в среднем 29 суток 12 часов 44 минуты 2,8 секунды.

[1] В лунном календаре дни недели нельзя раз и навсегда согласовать с лунными фазами, как в нынешнем календаре — с числами месяцев. Ведь в лунном месяце примерно 29—30 суток, а в неделе только 7. Естественно, что начало лунных фаз очень редко совпадает с началом недели. По той же причине дни недели не совпадают и с числами месяцев в нашем календаре.

планетам, которые по именам римских богов получили названия Марса, Меркурия, Юпитера, Венеры, Сатурна.

И до сих пор эти названия дней в значительной степени сохранились во французском, немецком, английском и других языках; до сих пор суеверные люди считают понедельник «несчастным» днем; до сих пор один из дней недели — пятницу, субботу или воскресенье — верующие люди почитают как религиозный праздник.

Совсем по-иному сложились русские названия дней. В Древней Руси неделя называлась «седьмицей», а воскресенье — «днем недельным» или просто «неделей», т. е. днем отдыха и покоя, когда «нет дел». Понедельник — это первый день после (по) «недели», вторник — второй, среда — середина седьмицы, четверг и пятница — четвертый и пятый дни, а суббота — от слова «сабат» или «шабаш», то есть последний трудовой день недели, конец всяких дел.

Правильный календарь удалось разработать лишь после того, как была открыта продолжительность солнечного года — периода обращения Земли вокруг Солнца.

СОЛНЕЧНЫЙ ГОД

Среди выжженных Солнцем пустынь сложился и вырос в могучее государство Древний Египет. Здесь, вдоль узкой долины Нила, сама природа создала благоприятные условия для земледелия.

Ежегодно в одни и те же дни начинала прибывать вода в Ниле и река постепенно выходила из берегов, затопляя окрестные поля. Такие наводнения были не стихийными бедствиями, а всенародным праздником: Нил приносил на поля драгоценную влагу и плодородный ил.

Чтобы бережно распределять воду, египтяне сооружали каналы и «ловушки воды»; плотины и шлюзы задерживали ее во время разливов реки, а водоемы хранили воду до той поры, когда Нил снова входил в берега.

Трудом земледельцев руководили жрецы. Они обожествили Солнце как источник света, тепла, жизни, изучили путь светила по небу, положили начало постоянным астрономическим наблюдениям.

Чтобы своевременно подготовиться к благодатному наводнению, нужно было заранее знать, когда начнет прибывать вода в реке, а предвидеть это на каждый год было очень трудно [1].

Ни один египтянин не доходил до истоков Нила, никто не знал причин наводнения, и никакие признаки на земле не предвещали его заблаговременно. Жрецы стали искать эти приметы на небе и нашли их.

Наблюдая видимое движение звезд, жрецы заметили, что самая яркая из них — Сириус — весной исчезает в лучах вечерней зари. Они не знали, что в это время Сириус восходит уже после утренней зари и поэтому невидим. Только через $2^1/_2$ месяца звезда снова «впервые» и сначала ненадолго показывается над горизонтом перед самым восходом Солнца, и как раз в эти дни начинался разлив Нила.

Разумеется, никакой причинной связи между этими явлениями нет, но жрецы провозгласили это совпадение божественным знамением, а Сириус — священной звездой. Заметив первый видимый восход этой звезды — позже его назвали г е л и а к и ч е с к и м [2], — жрецы возвещали народу о близком разливе реки. И действительно, их предсказания сбывались, помогая вовремя подготовить каналы, водохранилища и поля к началу сельскохозяйственных работ.

Удачные предсказания укрепляли власть жрецов и веру в них как в «пророков».

Жрецам было очень выгодно поддерживать это суеверие: убеждая народ, что боги одарили их чудесной силой предвидеть будущее, жрецы присвоили себе особые права и преимущества, стали замкнутым сословием — кастой, принуждали тружеников земледельцев безропотно подчиняться их велениям. «Необходимость вычислять периоды разлития Нила, — указывал Маркс, — создала египетскую астрономию, а вместе с тем господство касты жрецов как руководителей земледелия».

По наблюдениям Сириуса жрецы подсчитали, что от одного гелиакического восхода до следующего проходит 365 суток. Открыв приблизительную продолжительность года, они уже могли уверенно и задолго предсказывать разлив реки. Разумеется, «секреты пророчеств» жрецы хранили в тайне от непосвященных. Возможность вести астрономические наблюдения была только у них, и они пользовались своим авторитетом

[1] Лишь в 1863 г. было установлено, что разлив Нила вызывается чрезвычайно сильными летними ливнями на Абиссинском плоскогорье.

[2] Слово «гелиакический» означало, что небо уже озарено первыми лучами восходящего Солнца («гелиос» по-гречески — Солнце).

для того, чтобы держать народ в слепой покорности и рабском подчинении.

Египетские жрецы разработали очень простой и удобный календарь: год, состоявший из 365 суток, они разделили на 12 месяцев по 30 дней, а в конце года добавляли 5 дополнительных дней. В каждом месяце было по три десятидневки. Лунные месяцы уже не имели никакого значения в египетском календаре: основой его служил солнечный год — период одного оборота Земли вокруг Солнца.

Торжественно встречали египетские жрецы весной первый восход Сириуса, возвещавший начало года и близкий разлив Нила.
(Рисунок В. И. Таубера, гравировал Л. С. Быков.)

У этого простого календаря был, однако, существенный недостаток: ведь на самом деле в году не ровно 365, а около 365 $^{1}/_{4}$ суток. Из таких четвертушек за четыре года накоплялись целые сутки. Это не ускользнуло от внимания жрецов. После многолетних наблюдений они заметили, что гелиакический восход Сириуса каждые четыре года запаздывает по календарю на одни сутки. Однако жрецы не желали считаться с этим.

Как же так: на небе должна господствовать божественная гармония, и вдруг какая-то четвертушка суток вносит «незаконный» разлад в этот строгий порядок, предустановленный самими богами! И жрецы продолжали считать в году ровно 365 суток.

Легко догадаться, к чему это должно было привести.

Началом года в египетском календаре считался торжественный праздник гелиакического восхода Сириуса. Каждые четыре года этот день передвигался по календарю на один день. Для нас было бы несуразицей отмечать, например, первомайский праздник в 1955 г. 1 мая, в 1959 г. — 2 мая и т. д.

Но египетские жрецы умышленно не исправляли ошибки, чтобы не нарушать религиозных предрассудков и суеверий, а может быть, и для того, чтобы все праздники по порядку обошли все дни года и таким способом «освятили» их.

И Новый год точно так же «блуждал» по всем дням календаря.

Один из царей эллинистического Египта, Птолемей III Эвергет, в 238 г. до н. э. пытался исправить недостаток календаря и предложил каждый четвертый год удлинять на один, 366-й день. Однако жрецы из-за религиозных предрассудков помешали осуществить это разумное предложение.

И после этого более двухсот лет в Египте сохранялся старый «блуждающий» календарь. Лишь в 26 г. до н. э. в Египте был введен календарь, предложенный Эвергетом, — самый простой и удобный. К сожалению, наш нынешний календарь мы унаследовали не от египтян, а от римлян.

СТАРЫЙ И НОВЫЙ СТИЛЬ

В Древнем Риме до Юлия Цезаря был очень путаный лунно-солнечный календарь. Год начинался в марте и состоял из 12 месяцев: четыре месяца имели по 31 дню, семь — по 29, последний месяц, февраль, — 28, а всего в календаре было 355 дней, т. е. на $10^{1}/_{4}$ дня меньше, чем содержит солнечный год.

Чтобы согласовать этот календарь с природой, самый короткий месяц, февраль, раз в два года удлиняли то на 22, то на 23 дня.

Таким образом, календарный год имел в среднем 366 $^1/_4$ дня и был на сутки длиннее солнечного года.

За тридцать лет из этих лишних суток постепенно накоплялся целый месяц. И что же получалось? В природе наступала, например, весна, сильнее начинало пригревать солнце, приближалась пора сеять хлеб, а по календарю все еще тянулся зимний месяц февраль.

Чем дальше, тем больше расходились календарные месяцы с временами года и праздниками, приуроченными к весенним и осенним полевым работам.

Очень неудобно жить по двум календарям — природному и искусственному. Поэтому верховному жрецу было предоставлено почетное право по своей воле вставлять добавочные месяцы в календарь, чтобы подогнать торжественные ежегодные праздники к срокам посева и жатвы.

Жрецы этим правом пользовались в своих интересах: если им выгодно было продлить срок службы чиновников, назначаемых обычно на год, они удлиняли этот год больше, чем следовало; хотели жрецы пораньше собрать налоги с трудового населения — и они не добавляли дополнительного месяца. Произвол жрецов так запутал счет времени, что это вызывало опасное недовольство народа.

Необходимо было преобразовать календарь, согласовать его с временами года и трудом земледельцев. Эту реформу больше 2000 лет назад (в 46 г. до н. э.) и провел диктатор Юлий Цезарь, использовав достижения египетской астрономии. Он принял продолжительность года в 365$^1/_4$ суток и предписал три календарных года считать по 365 суток, а в четвертом — високосном — 366.

Этим календарем мы пользуемся и теперь, считая високосными те годы, числа которых делятся на четыре, например 1952, 1956, 1960 и т. д.

Юлий Цезарь мог упорядочить календарь, потому что обладал высшей властью в государстве как гражданский и военный диктатор и как верховный жрец. Однако он все же не решился принять простой и удобный египетский календарь с его стройным делением года на 12 тридцатидневных месяцев. Вместо этого римские месяцы получили по 30 и 31 дню, только в феврале по старинке осталось 28 дней, и этот самый короткий месяц раз в четыре года удлинялся на один день.

Начало года Цезарь перенес с марта на 1 января (в этот день приступали к своим обязанностям высшие государственные чиновники), но сохранил прежние названия месяцев, допустив при этом известную непоследовательность.

Дело в том, что в прежнем римском календаре первый месяц был посвящен богу Марсу и назывался марциус, второй — априлис (нынешний апрель), третий и четвертый носили имена богинь Майи и Юноны: майус — май, юниус — июнь, — а следующие месяцы назывались просто по латинским числительным: пятый — квинтилис, шестой — секстилис, седьмой — септембер (сентябрь), восьмой — октобер, девятый — новембер и десятый — децембер. Последние два месяца опять-таки носили имена богов: януариус (по имени Януса) и фебруариус (от Фебруус).

Когда предпоследний месяц, януариус, стал первым, все остальные месяцы передвинулись на два: септембер оказался уже не седьмым по порядку, а девятым, октобер — не восьмым, а десятым, и т. д., но эти названия не были изменены. Позже пятый месяц, квинтилис, в честь Юлия Цезаря был назван его именем (он родился в квинтилисе), а секстилису было присвоено имя первого римского императора — Августа, захватившего власть после смерти Цезаря.

С тех пор и сохранились до наших дней названия месяцев по именам богов, богинь и древних императоров, а также по латинским числительным, хотя эти числа вовсе не соответствуют тем порядковым местам, какие занимают в календаре месяцы сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь.

Только в древнерусском языке, а теперь в украинском и некоторых других славянских языках каждый месяц все еще носит название по характерным для него природным явлениям: так, ноябрь называется листопадом, декабрь — студнем, май — травнем (от слова «трава») и т. д.

Сам календарь, названный по имени Юлия Цезаря юлианским, просуществовал больше полутора тысячелетий без изменения. Зачем же понадобилось впоследствии его исправлять?

По юлианскому календарю, год продолжается в среднем 365 $^1/_4$ суток, а солнечный год (период одного оборота Земли вокруг Солнца) содержит 365 суток 5 часов 48 минут 46 секунд с долями, т. е. короче на 11 минут 14 секунд с долями, или на $^1/_{128}$ часть суток. Из таких ежегодных погрешностей за 128 лет накоплялись уже лишние сутки. А это значит, что календарь указывал, например, 31 декабря, когда на деле было уже 1 января. Через 128 лет календарь отстал еще на сутки, потом еще и еще.

Это вызывало серьезные неудобства в практической жизни и в жизни самой церкви.

Все христианские праздники в 325 г. были размечены по юлианскому календарю. При этом наступление праздника пасхи следовало рассчитывать по первому весеннему новолунию, начало же весны было приурочено к 21 марта — в 325 г. именно на это число приходился день весеннего равноденствия. Но прошло 128 лет, и этот день отодвинулся на 20-е, потом на 19 марта, а весенний праздник пасха все больше удалялся от начала весны.

В XVI в. день весеннего равноденствия по календарю приходился уже на 11 марта, т. е. на 10 дней отстал от числа, по которому рассчитывали наступление пасхи.

В конце века глава римско-католической церкви папа Григорий XIII создал специальную комиссию; она должна была исправить календарь так, чтобы день весеннего равноденствия вернулся к 21 марта и в будущем всегда совпадал именно с этим календарным числом.

Устранить накопившуюся к тому времени погрешность было нетрудно: для этого нужно было пропустить в календарном счете 10 дней. Григорий XIII так и сделал: он предписал в 1582 г. после 4 октября считать не 5-е, а сразу 15 октября. Но как быть в дальнейшем?

В юлианском календаре лишние сутки накопляются за 128 лет, т. е. приблизительно трое суток за 400 лет.

Значит, нужно пропускать за 400 лет эти три дня, и все будет в порядке. Для этого Григорий XIII по совету календарной комиссии предписал не считать високосными (т. е. пропускать 29 февраля) те «сотенные», оканчивающиеся на два нуля годы, числа которых не делятся на 400.

По этому календарю, как и по юлианскому, 1600 год считался високосным, а 1700, 1800 и 1900-й, в отличие от юлианского календаря, уже не считались високосными, так как 1700, 1800, 1900 не делятся на 400. Таким способом за четыреста лет пропускались трое «лишних» суток.

Продолжительность григорианского года отличается от продолжительности солнечного года не на 11 минут 14 секунд, как в юлианском календаре, а только на 26 секунд. Так как в сутках содержится 86 400 секунд, то величина этого отклонения достигает целых суток через 3323 года (86 400 : 26), считая со времени введения григорианского календаря (1582), т. е. только в сорок девятом веке.

Новый календарь стал называться григорианским, или «новым стилем», в отличие от юлианского календаря —«старого стиля». Прежде всего новый стиль был введен в государствах, где большинство населения составляли католики: в Италии, Испании, Франции, а затем и в других европейских странах.

В дореволюционной России господствующая православная церковь решительно противилась введению нового стиля. Напрасно Академия наук и передовые ученые, как Д. И. Менделеев, указывали на желательность календарной реформы; влияние духовенства на царское правительство оказалось сильнее.

Только после Великого Октября по предложению В. И. Ленина с 14 февраля 1918 г. у нас был введен новый стиль.

ХОРОШ ЛИ НЫНЕШНИЙ КАЛЕНДАРЬ

После того как юлианский календарь был принят в европейских государствах, началом года не везде считали 1 января: в одних странах это было 25 декабря, в других 1 или 25 марта.

Такой же разнобой был в летосчислении: у каждого народа в древности была своя эра, т. е. счет времени вели от своей начальной даты. В позднем Вавилоне вели счет от начала царствования Набонассара, римляне — от предполагаемого года основания Рима, другие народы — от выдуманного «сотворения мира».

Когда начал царствовать Набонассар, известно точно — 27 февраля 747 г. до н. э. Этого нельзя сказать об основании Рима: правда, римляне считали, что город возник в 753 г. до н. э., но дата эта недостоверна. А «сотворения мира» вообще никогда не было: это дата мифическая, придуманная церковнослужителями для укрепления религиозной веры в «создателя мира». Хотя Земля существует уже миллиарды лет, христианская церковь относит «сотворение мира» к 21 марта 5508 г. до н. э.

В Древней Руси летосчисление вели «от сотворения мира» и календарный год начинали прежде с 1 марта, а потом с 1 сентября. Очень торжественно, в присутствии самого царя, отмечался день Нового года — «новолетие» в Московском Кремле. По старинному обычаю, Петр I участвовал в этом празднестве 1 сентября 7208 г. (по нынешнему летосчислению в 1699 г.).

И вдруг, совсем неожиданно, 15 декабря того же года глашатаи возвестили народу на столичных площадях новый царский указ: с

1 января и впредь предписывалось «лета счислять от рождества Христова, а не от создания мира». Петр I приказал украсить столицу в день предстоявшего праздника. Утром 1 января сам царь командовал воинским парадом на Красной площади, а вечером московские улицы озарились ярким разноцветным светом «огненных потех» — фейерверка.

Это нововведение Петра I, как и все его реформы, вызвало недовольство приверженцев старины — бояр и духовенства. Однако с 1700 г. начало года в России было приурочено к 1 января, а начало летосчисления — к мифической дате «рождества Христова». Эта эра, как и «эра от сотворения мира», основана на слепой религиозной вере в Христа, которого никогда не существовало, и на совершенно произвольном вычислении дня его рождения.

Однако христианская эра была принята во всех культурных государствах и называется «нашей эрой», или «нашим летосчислением». Но подлинно наше, советское летосчисление ведет свое начало от 7 ноября 1917 г.— дня, в который крейсер «Аврора» громом своих пушек возвестил начало новой эры в истории человечества — эры Великой социалистической революции. Эта эра указана на каждом листке наших отрывных календарей.

Точность календаря не зависит от того, с какого дня начинается год: с 1 января или с 7 ноября; необходимо лишь, чтобы условная дата была принята как общеобязательная. И летосчисление можно начинать с любой даты: важно не событие — достоверное или мифическое,— которое с этим днем связано, важна общеобязательность даты, от которой условились вести счет лет.

Недостаток существующего календаря не в том, что он ведет летосчисление от мифической даты, а в том, что он сохранил некоторые пережитки, вызывающие много неудобств.

Месяцы имеют различное число дней — от 28 до 31, кварталы — от 90 до 92, в первом полугодии 181 или 182 дня, а во втором — 184. Чтобы правильно рассчитать, например, сколько тонн чугуна должна давать доменная печь за месяц или квартал, приходится каждый раз учитывать число дней. Подобно этому, и на другие календарные расчеты неизбежно затрачивается очень много труда.

В 1899 г. наш великий ученый Д. И. Менделеев, указывая на ценные преимущества египетского календаря, предлагал ввести его во всеобщее употребление. Тогда все месяцы имели бы одинаковую продолжительность и каждый день десятидневки приходился бы на одни и те же числа. Можно было бы издать «вечный» календарь, пригодный для любого года, и упростились бы все расчеты, связанные с исчислением дней. Но ни этот, ни другие проекты реформы календаря до сих пор не осуществлены.

Устранить имеющиеся в календаре неудобства можно лишь во всемирном масштабе, по международному соглашению всех государств, а это совсем не так просто. В капиталистических странах еще сильны религиозные предрассудки, велики власть и влияние церкви — вот что мешает ввести календарь, более простой и удобный, чем тот, которым мы сейчас пользуемся.

По этой причине в Организации Объединенных Наций до сих пор не принят проект Всемирного календаря, внесенный Индийской Республикой и поддержанный СССР и многими другими странами, в которых число жителей превышает половину населения Земли.

Этот проект позволяет нам, сохраняя привычные основы григорианского календаря, в то же время устранить неудобства в счете времени внутри года.

Для этого год делится на 4 равных квартала. В каждом из них 91 день, или 13 семидневных недель, образующих три месяца — первый в 31 день, два других по 30 дней. Первый день года и каждого квартала приходится на воскресенье. 365-й день вставляется в конце года, а 366-й — в високосные годы — добавляется ко второму кварталу. Эти дни не идут в счет недели и не имеют числа.

Каждый год и каждый квартал начинаются воскресеньем и кончаются субботой, в любом месяце 26 рабочих дней. Все дни недели из года в год приходятся на одни и те же числа месяцев. Поэтому можно было бы издать очень удобный «вечный» календарь.

Ближайший год, начинающийся с воскресенья,— 1961 год. С этого года и было бы удобно перейти на новый календарь.

ТРИ СТРЕЛКИ

Как вы помните, любой календарь основан на правильном сочетании двух природных мер времени — года и суток. Природа делит сутки на две — обычно неравные — части: день и ночь. Так «мерили» время и наши далекие предки.

В Китае около 4 тыс. лет назад, а позже и в Вавилоне сутки уже делили на 12 равных частей, подобно тому как год — на 12 меся-

цев. Время в течение дня измеряли по длине и направлению тени от вертикального шеста — гномона, освещенного солнцем. Этот указатель тени и служил первыми часами.

Более 2500 лет назад вавилоняне придумали солнечные часы: небольшой стержень стали укреплять на плоской доске (или полушарии), разграфленной линиями, — это и был циферблат солнечных часов, а тень от стержня служила часовой стрелкой.

Разумеется, солнечные часы указывали время только днем. Ночью их заменяла клепсидра («воровка воды») — так в Греции называли водяные часы, заимствованные из Вавилона или Египта. В Китае они были еще раньше. Это был сначала простой металлический или глиняный, а затем стеклянный сосуд, который наполняли водой. Медленно, капля за каплей, вытекала вода, уровень ее понижался, и деления на сосуде указывали, который час.

Клепсидрой пользовались для измерения времени не только ночью, но и днем. Однако солнечные часы точнее, поэтому их постепенно совершенствовали. И уже не сутки, а только дневное время — от зари до зари — стали делить на 12 часов. Потом астрономы для удобства наблюдений и ночное время разделили на 12 часов.

Сутки уже состояли из 24 часов, но часы не были одинаковы по своей продолжительности: в долгие летние дни дневные часы были длиннее ночных, а зимой — наоборот. Такими неравными часами измеряли время даже и в средние века.

На Руси было установлено более удобное деление времени: каждый

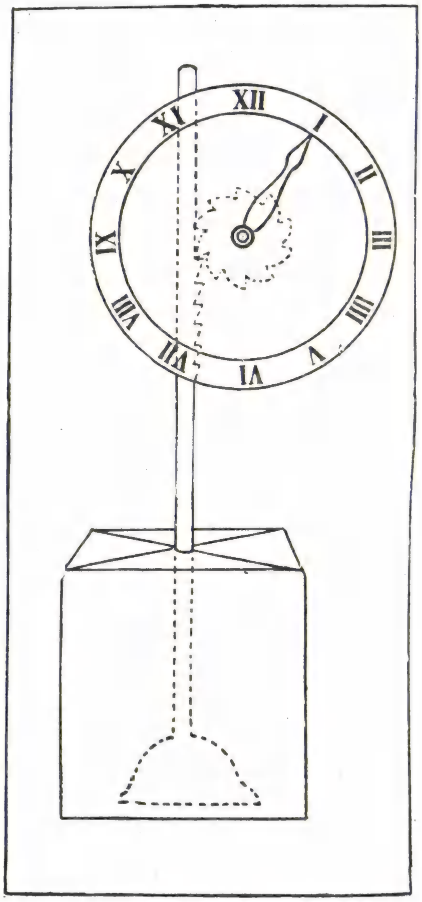
Самыми простыми часами был гномон, или «ловец тени», — вертикальный шест или обелиск. При свете солнца гномон отбрасывал тень, а по ее длине и направлению узнавали время.

Впервые водяные часы были построены, по-видимому, в Китае. На ступеньках лестницы стояли четыре латунных чана; вода переливалась из верхнего чана во второй, затем в третий и четвертый. В нижнем чане вода постепенно поднимала поплавок с рейкой, на которой были нанесены деления. Они и указывали время

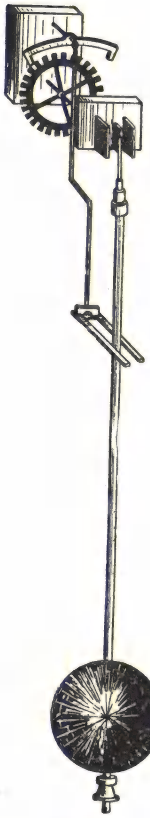
Философ Платон (V—IV вв. до н. э.) использовал клепсидру как будильник. Из верхнего сосуда вода по капелькам стекала в прямоугольный чан, постепенно наполняя его и трубку (1) внутри чана. Трубка сверху была закрыта, а внутри нее находилась вторая трубка (2), изображенная на рисунке пунктиром. Эта трубка сверху была открыта, и когда вода достигала ее верхнего конца, то сразу переливалась через края трубки в нижний чан и сжимала находившийся там воздух. Он стремился вырваться из чана через фигуру флейтиста и узкое отверстие флейты; при этом раздавался резкий звук, который будил учеников Платона, призывая их на занятия.

Русские часы, установленные в 1404 г. на башне великокняжеского дворца в Москве. Цифры на циферблате обозначены буквами. На рисунке строитель этих часов Лазарь показывает свое творение великому князю Василию Дмитриевичу.

(Со старинной гравюры.)

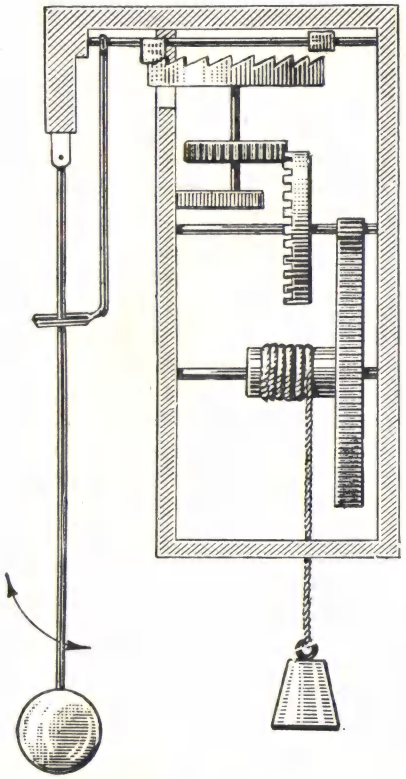


Римский архитектор Витрувий (I в. до н. э.) смастерил первые водяные часы со стрелкой. Здесь вода, втекавшая в сосуд, поднимала поплавок со стержнем. Зубцы на верхней части стержня заставляли поворачиваться зубчатое колесо со стрелкой, которая указывала время на циферблате.

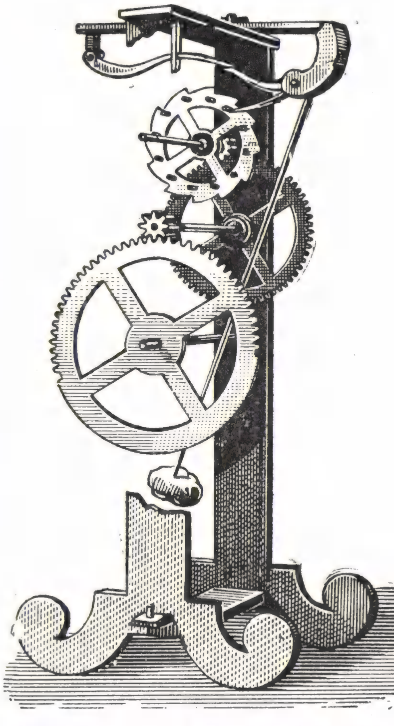


Механизм наших стенных часов устроен примерно так же, как и в часах Гюйгенса. Маятник посредством вилки заставляет колебаться перекладину.

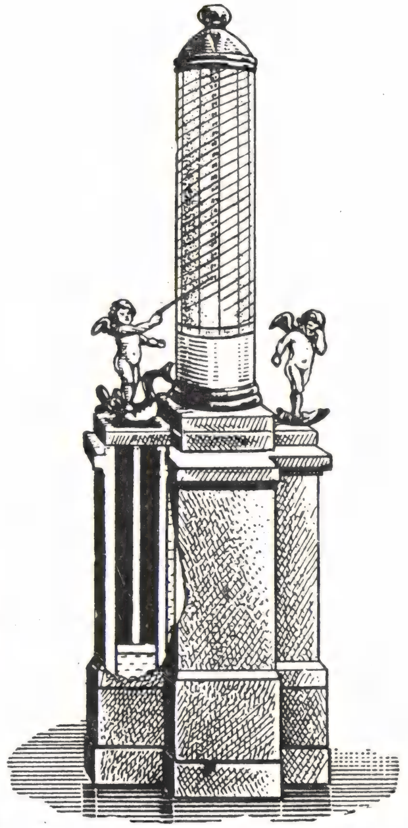
Первые карманные часы имели только одну часовую стрелку.



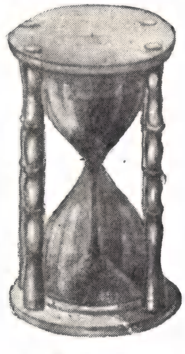
Часы Гюйгенса (XVII в.). В этих часах гиря поворачивала колесо, и его вращение передавалось верхнему — храповому колесу. Маятник проходил между зубьями вилки, и при каждом качании вилка заставляла поворачиваться то вправо, то влево стержень с двумя пластинками. Эти пластинки были расположены так, что поочередно упирались то в один, то в другой зубец храпового колеса. Этим они регулировали равномерное продвижение колеса через один и тот же промежуток времени.



Модель часов с маятником Галилея (XVII в.).



Более точные водяные часы, пригодные для астрономических наблюдений, создал талантливый греческий механик-изобретатель Ктезибий (около II в. до н. э.). На колонке были нанесены деления, соответствующие тому или иному часу. Внизу находился сосуд, куда тоненькой струйкой протекала вода. Она постепенно поднимала все выше поплавок с крылатым мальчиком, и его палочка указывала час. Часы Ктезибия отличались и художественной отделкой. Вода в сосуд вливалась из водопровода через крылатую фигурку второго мальчика (справа), который плакал, утирая глаза и словно скорбя о безвозвратно утраченном времени.



Первые песочные часы появились больше тысячи лет назад. При помощи этих часов можно было измерять лишь небольшие промежутки времени, обычно не более получаса. Особенно большое значение имели песочные часы на кораблях: в пасмурную погоду, когда по небесным светилам нельзя было определить время, его узнавали по песочным часам.

час имел одинаковую продолжительность независимо от времени года, но число дневных и ночных часов изменялось в разные месяцы. В декабре, например, дневных часов было только семь, в сентябре и марте — двенадцать, а в июне — семнадцать. Земледелец или ремесленник довольствовался тогда определением времени по Солнцу. Механических часов, не зависящих от движения Солнца, не существовало.

Такие часы — с колесным механизмом и гирей — появились в Европе лишь около 800 лет назад (в Китае они были изобретены значительно раньше). Шли они очень плохо, и на циферблате была только одна стрелка — часовая. О минутах тогда еще никто не заботился, и сами часы служили больше для украшения дворцовых башен или церковных колоколен в крупнейших городах.

В 1404 г. такое «часомерье, человеческой хитростью преизмечтано и преухищрено», укра-

сило московский великокняжеский дворец. Искусно сделанный механизм автоматически, «самозвонно и самодвижно», отбивал каждый час молотом по колоколу, «размеряя и рассчитывая часы нощные и дневные».

Примерно 100 лет спустя появились и карманные часы; колеса их приводились в движение не гирей, а пружиной. Однако время они измеряли очень неточно: в начале завода, когда пружина была закручена туго, колеса двигались быстрее, и часы уходили вперед, а к концу завода, по мере ослабления пружины, начинали отставать. В башенных часах, напротив, чем ниже опускалась гиря к концу завода, тем быстрее двигались колеса.

Часы Кулибина.

Как устранить этот недостаток — неравномерность хода часов? Великий итальянский ученый Галилео Галилей предложил использовать маятник, так как каждое качание маятника определенной длины совершается точно за один и тот же промежуток времени.

Такие часы были построены уже после смерти Галилея его сыном Винченцо в содружестве с учеником Галилея Вивиани.

Не зная об этом изобретении, знаменитый голландский ученый Христиан Гюйгенс в 1656 г. создал более совершенные часы с маятником. На циферблате часов Галилея — Вивиани и Гюйгенса была только единственная стрелка, как и на водяных часах Витрувия, но через полвека одной стрелки оказалось уже недостаточно.

Морской хронометр.

Мореплавание, техника и научные исследования нуждались в более точном измерении небольших промежутков времени. И вот в начале XVIII в. на циферблате часов появилась вторая стрелка — м и н у т н а я, а полвека спустя и третья — с е к у н д н а я.

Все больше и быстрее совершенствовалось часовое дело. Особенным искусством прославились знаменитые русские механики Терентий Волосков и Иван Кулибин.

Волосков изготовил чудесные астрономические часы-календарь. Сложный механизм их состоял из множества мельчайших колес; кроме времени суток, часы указывали число, месяц, год, приводили в движение золотое Солнце и серебряную Луну, причем путь Солнца по голубому небу и фазы Луны изменялись в соответствии с астрономическим календарем.

Украшенные прихотливым узором часы Кулибина, величиной меньше гусиного яйца, мелодичным звоном отбивали каждую четверть часа, а ежечасно в них открывались створки и крошечные фигурки исполняли под музыку сценку «В златом чертоге».

Трудно представить себе, какой талант и терпеливое усердие необходимы были для того, чтобы вручную изготовить мельчайшие детали таких неповторимо редких механизмов.

МЕСТНОЕ ВРЕМЯ И ХРОНОМЕТР

В начале XVIII в. моряки заставили часовщиков решать сложную задачу — как хранить время. Что это значит?

В открытом море, чтобы не заблудиться, мало иметь компас; необходимо определять место, где находится корабль, — его широту и долготу.

Еще древние мореплаватели узнавали широту по Солнцу и звездам. Сложнее дело обстояло с долготой. Астрономы указали самый простой способ, которым моряки пользуются и до сих пор, — определять долготу по часам. Действительно, способ этот очень удобен.

В разных местах земного шара не одно и то же время. Когда на восточной окраине СССР

наступает полдень, в Москве только два часа ночи. На каждом меридиане свое, местное, время, и на расстоянии 15° долготы разница во времени составляет ровно 1 час. Значит, по разнице местных времен нетрудно определить долготу, т. е. расстояние в градусах от условного начального меридиана.

Если часы на вашем корабле указывают полдень, а по местному времени только 10 час. утра, то корабль находится в 30° к западу от начального меридиана. Местное время на море узнают по небесным светилам, и нужно только бережно хранить время начального меридиана, т. е. иметь на корабле тщательно выверенные точные часы — хронометр. Но дело в том, что таких часов в начале XVIII в. еще не было.

Часы — механизм деликатный и привередливый: точность их хода зависит от изменений температуры, влажности воздуха, давления атмосферы и других обстоятельств. Очень трудно предусмотреть и предупредить все вредные влияния, уменьшающие точность хода часов. А точность на корабле необходима высокая: если хронометр ошибется только на 1 минуту, погрешность при определении долготы на экваторе достигнет 28 *км*. Хотя на других широтах она будет меньше, но все же может привести к опасным последствиям.

Правда, уже первые хронометры хорошо хранили время. Именно с тех пор на циферблатах часов и появилась секундная стрелка.

Однако большой точностью обладал далеко не всякий хронометр. Совершенных станков тогда еще не было, любую из многочисленных и мельчайших деталей механизма приходилось вытачивать и шлифовать вручную с безукоризненной чистотой и аккуратностью. Поэтому хорошие хронометры были редкостью и стоили слишком дорого.

Нынешние судовые хронометры идут с точностью до полусекунды в сутки, и благодаря великому изобретению — радио — долго хранить время на кораблях теперь уже не приходится. Десятки мощных радиостанций всего мира несколько раз в сутки передают сигналы точного времени непосредственно из астрономических обсерваторий.

ПОЯСНОЕ И ДЕКРЕТНОЕ ВРЕМЯ

На различных меридианах время разное, а это очень неудобно, например, для железнодорожного транспорта. Поезда должны приходить вовремя. Но по какому времени рассчитывать их движение? Было бы очень сложно составлять расписание по местному времени всех станций, которые поезд проходит на своем пути.

Поэтому в каждом государстве для железных дорог было введено единое время: в России — петербургское, по Пулковской астрономической обсерватории, во Франции — по Парижской, в Англии — по Гринвичской (близ Лондона). Но в каждом городе оставалось свое, местное время: когда в Москве наступал полдень, в Иркутске было уже 4 часа 26 минут 49 секунд после полудня, во Владивостоке — 6 часов 17 минут 13 секунд вечера и т. д.

В России и других крупнейших государствах было множество местных времен, и они отличались одно от другого не только по часам, но также минутам и секундам. Этот разнобой был устранен после введения поясного времени.

Для этого поверхность земного шара по числу часов в сутках разделили на 24 пояса меридианами, отстоящими друг от друга на 15°, т. е. с разницей времени ровно на один час. Внутри каждого пояса для всех мест установлено единое время, а именно местное время меридиана, проходящего посредине этого пояса.

Начальным поясом условились считать тот, посредине которого проходит нулевой (гринвичский) меридиан. К этому поясу — он также называется нулевым — с востока примыкает первый пояс, в котором все часы поставлены на 1 час вперед по сравнению с гринвичским временем; в следующем, втором поясе — на 2 часа; в третьем — на 3 и т. д.

Время каждого пояса отличается от соседних ровно на 1 час, а минуты и секунды во всех поясах одинаковы: когда в Москве, например, 7 часов 10 минут 13 секунд, в Париже и Лондоне —5 часов 10 минут 13 секунд, во Владивостоке —14 часов 10 минут 13 секунд и т. д. Вместо множества местных времен в каждом государстве теперь на всем земном шаре только 24 поясных времени.

В СССР поясное время введено с 1 июля 1919 г., при этом границы поясов для удобства установлены не точно по географическим меридианам, а вдоль рек, или железнодорожных линий, или границ областей. Москва должна бы входить в 3-й пояс, а включена во 2-й, Якутск вместо 9-го — в 8-й, северо-восточная окраина нашей родины — Чукотский п-ов — целиком включена в 12-й пояс. Восточная граница этого пояса совпадает с государственной границей СССР.

Когда в нулевом поясе полдень, например 31 декабря, на Чукотском п-ве уже полночь того же дня, т. е. наступает 1 января — новый год. А на противоположной стороне Берингова пролива, отделяющего СССР от Америки, в этот момент только час ночи 31 декабря. Разница во времени между этими смежными поясами уже не 1, а 23 часа. Ничего неожиданного в этом нет. Так и должно быть.

Взгляните на мировую карту поясного времени. Когда наступает полдень в нулевом поясе, к западу от него в каждом из последующих поясов на час меньше, т. е. 11, 10, 9 и т. д. до западной оконечности Аляски, где в этот момент 1 час ночи. В следующем к западу поясе, куда входит наша Чукотка, в этот же момент будет 0 часов, т. е. полночь, предшествующая наступлению нового дня.

В Беринговом проливе, между Чукоткой и Аляской, есть два острова. Больший из них принадлежит СССР и носит имя лейтенанта М. Ратманова, участника первой русской кругосветной экспедиции под начальством И. Ф. Крузенштерна, меньший принадлежит США и называется о-вом Крузенштерна. Между этими островами и проходит граница, на которой начинается день и каждое новое число месяца — новая дата. Переплыв или перелетев несколько километров от советского острова на американский, можно попасть... во вчерашний день.

Условная линия начала дня и даты установлена не случайно, а сложилась исторически. В XVIII в. русские мореходы и зверобои открыли Америку с запада и, продвигаясь в глубь Аляски, встретились с английскими колонизаторами, проникшими в Америку с востока. Англичане считали тот день субботой, а русские — воскресеньем, и обе стороны были совершенно убеждены в своей правоте.

Подобные недоразумения были известны еще со времен кругосветного путешествия экспедиции Магеллана в 1519—1522 гг. Чтобы не было путаницы в счете дней недели и календарных чисел, моряки установили правило: корабль, пересекающий Тихий океан в направлении с востока на запад (от Америки к Азии), пропускает в календарном счете один день и считает, например, после понедельника 31 декабря сразу среду 2 января. Корабль, пересекающий Тихий океан в противоположном направлении, наоборот, дважды считает один и тот же день.

Эта международная граница перемены чисел проходит по 180-му меридиану, отклоняясь от него на севере вдоль государственной границы СССР.

Как видите, поясное время очень удобно. Однако в СССР мы живем по времени не своего пояса, а соседнего к востоку, т. е. часовая стрелка у нас всюду переведена на один час вперед. Для чего это сделано?

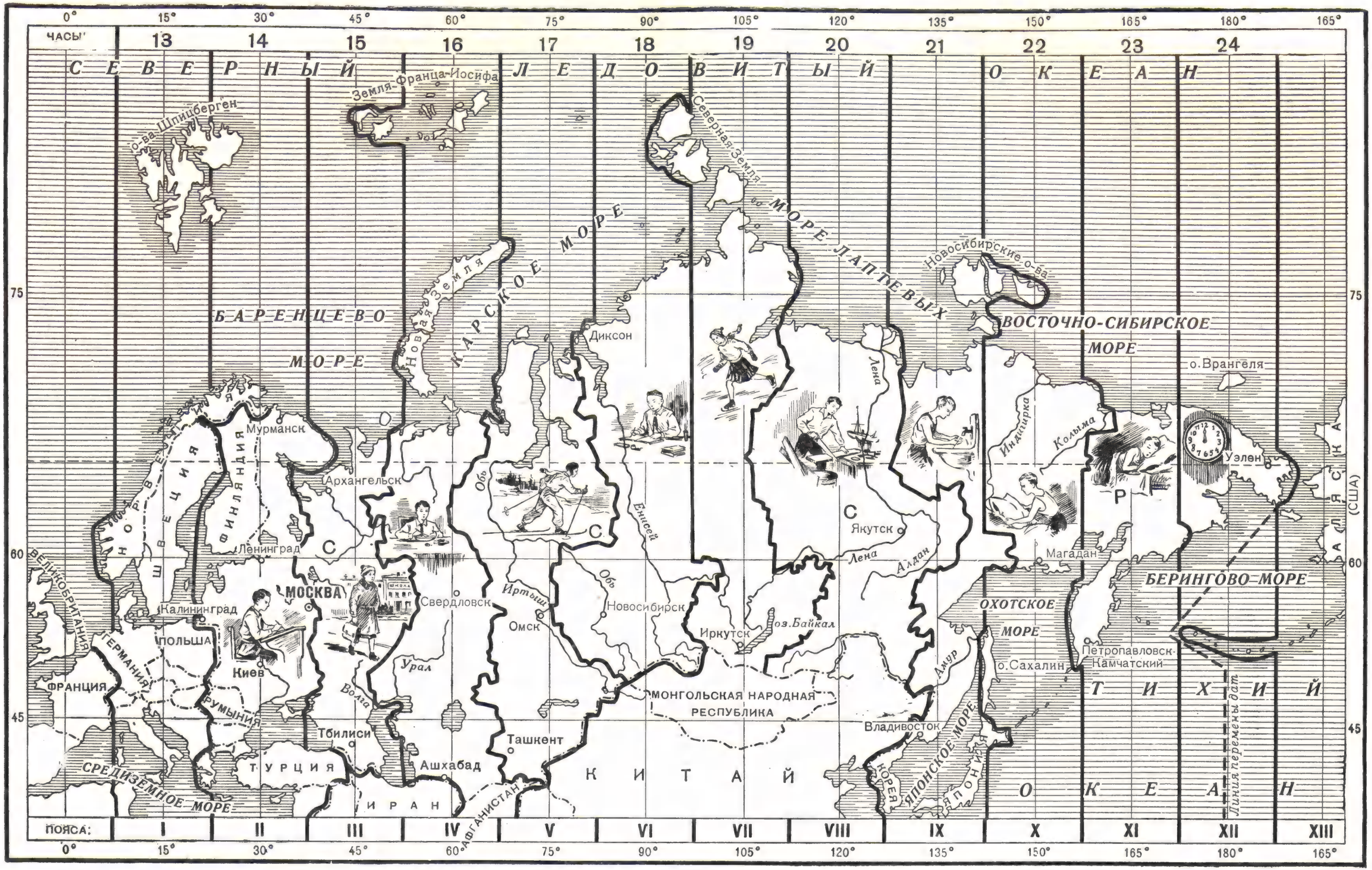
Советский народ ведет свое хозяйство по единому государственному плану, очень расчетливо и экономно, не допуская излишних расходов. Если на час раньше начинать работу, то весной и летом можно закончить ее засветло, не пользуясь искусственным освещением. Расчеты показали, что при этом государство сбережет очень много электроэнергии.

Вот почему по декрету (постановлению) Советского правительства у нас с 1930 г. часовые стрелки всюду переведены на один час вперед. Этот счет времени, в отличие от поясного, называется **декретным**. Москва, например, относится ко 2-му поясу, а живет по времени 3-го пояса. Движение поездов, а также отметки часа и минут отправления телеграмм на всей территории СССР производятся по московскому декретному времени.

АСТРОНОМИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ СССР

Астрономия, как и другие науки, возникла для удовлетворения практических потребностей людей, в интересах их труда и производства.

Теперь мы не нуждаемся в наблюдениях неба для определения времени года: для этого существует календарь. Но прежде чем его составить, людям пришлось долго изучать сезонные изменения неба и делать выводы из этих наблюдений. Недостаточно знать только день года, в который произошло или произойдет какое-либо событие. Обычно требуется большая точность: до часа или минуты, а иногда и до секунды или даже до ее долей. Такую



Карта поясного времени.

Капитан ледокола «И. Сталин» В. И. Воронин определяет широту места с помощью секстанта.

точность в определении моментов времени могут дать только астрономические наблюдения, на основании которых проверяются исключительно точные, специального устройства астрономические часы.

Но для чего же может понадобиться знать время с точностью до десятых или сотых долей секунды, когда в повседневной жизни люди обычно не замечают даже целые секунды?

Представьте себе штурмана корабля глубокой ночью в открытом море. Ему необходимо определить географическую широту и долготу местоположения корабля. Определение широты он сделает по звездам, а для вычисления долготы штурман должен очень точно знать время. Какая же получится у него ошибка в положении корабля, если он ошибется всего на 10 секунд, определяя время? Оказывается, что эта ошибка в средних широтах может достигать 2 — 3 *км*. Близ экватора она будет еще больше.

Инженер-геодезист для составления географической карты также производит наблюдения звезд, чтобы точно определить на земной поверхности места опорных точек. Если он ошибется во времени на 1 секунду, ошибка в положении точки на земной поверхности может дойти до 300—400 *м*, что совершенно недопустимо для карт крупного масштаба. Такие карты должны изображать местность с точностью по крайней мере до 10 *м*.

Иногда требуется учитывать не только сотые, но и тысячные доли секунды, например на астрономических обсерваториях при наблюдениях положений звезд, без знания которых нельзя точно определить положение места наблюдения на земной поверхности.

Но разве нельзя проверять свои часы по радиосигналам? Ведь они передаются с очень большой точностью — до десятых долей секунды. Разве не могут они заменить астрономические наблюдения?

Но ведь радиосигналы точного времени, как те, которые передаются по московскому времени каждый час, так и значительно более точные сигналы — так называемые «ритмические», как раз и передаются астрономическими обсерваториями на основе астрономических наблюдений. Не будь этих наблюдений, даже при наличии очень точных часов обсерватории не могли бы определять и передавать по радио сигналы точного времени.

К наблюдениям небесных светил обращаются и штурманы самолетов, совершающих дальние полеты. По небесным светилам они определяют положение самолета над землей, а это позволяет им находить правильное направление для дальнейшего полета. Во время перелетов наших прославленных летчиков Чкалова и Громова через Северный полюс из Москвы в Америку[1] штурманы самолетов Беляков и Данилин произ-

В лаборатории Службы времени Астрономического института им. Штернберга при Московском государственном университете им. Ломоносова.

[1] См. ст. в томе 1 ДЭ.

водили астрономические измерения, которые помогли им не сбиться с намеченного курса.

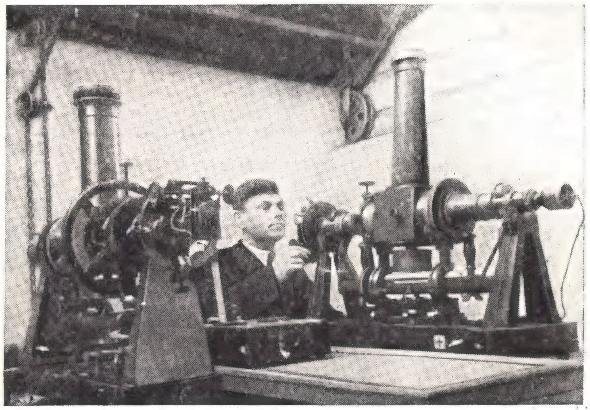
В недрах нашей страны находятся неисчислимые богатства полезных ископаемых — руд различных металлов, каменного угля, нефти и т. д. Такие залежи увеличивают или уменьшают силу тяжести на поверхности земли в районе их залегания. Один из наиболее плодотворных способов поисков полезных ископаемых состоит в определении силы тяжести на земной поверхности. Для этой цели служат различные приборы, позволяющие узнавать, где сила тяжести отклоняется от обычной. Такие приборы были созданы астрономами, и русские астрономы еще в XIX в. впервые начали измерения силы тяжести в различных местах нашей страны. Сейчас эти работы у нас развернуты в широчайшем масштабе, их ведут ученые — геофизики и геологи. Но для пользования некоторыми из этих приборов нужно знать время с очень большой точностью. Следовательно, и тут снова приходят на помощь астрономические обсерватории.

На астрономических обсерваториях, кроме Службы точного времени, есть и совершенно иная «служба», имеющая важное значение для народного хозяйства нашей страны. Это так называемая Служба Солнца.

Мы знаем, что все происходящие на Земле процессы (движение воздуха, воды и т. д.) почти целиком черпают свою энергию из посылаемых Солнцем тепла и света. Поэтому естественно предположить, что происходящие на Солнце изменения в той или иной степени отзываются на земной атмосфере, а быть может, и на других явлениях окружающей нас природы.

Действительно, открытая более 100 лет назад одиннадцатилетняя периодичность в появлении на Солнце пятен и извержении газов сопровождается столь же правильными изменениями теплового излучения Солнца. Обнаружена также связь между числом пятен на Солнце и количеством полярных сияний и гроз на Земле, а также изменениями в магнитном поле Земли и отклонениями магнитной стрелки. В тех случаях, когда на солнечной поверхности, обращенной к Земле, находится большая группа солнечных пятен, на Земле происходят «магнитные бури»[1] и яркие полярные сияния. Одновременно с этим нарушается радиосвязь, а иногда и телеграфная связь.

Наша советская Служба Солнца ведется на нескольких астрономических обсерваториях.



Пассажный инструмент, при помощи которого определяют точное время на астрономических обсерваториях.

Она стремится путем наблюдения явлений, происходящих на Солнце, получить основу для долгосрочных прогнозов погоды, радиопомех и т. п. Ей удалось уже многого достигнуть в этом направлении.

Изучение природы Солнца и звезд привело ученых к открытиям, сыгравшим очень важную роль для развития физики, а затем и техники.

Так, в 1868 г. на Солнце был открыт новый, еще не известный в те времена на Земле газ — гелий; и только после попыток, производившихся 27 лет, ученым удалось получить этот газ на Земле.

Изучая происхождение Земли, астрономы создают основу для понимания различных геологических процессов — причин горообразования, землетрясений и т. п. Знание этих процессов имеет практическое значение: оно облегчает поиски полезных ископаемых, в будущем даст возможность предсказывать землетрясения.

Этим в значительной степени объясняется строительство в нашей стране новых обсерваторий и совершенствование существующих.

Когда в конце 1957 г. и в 1958 г. в Советском Союзе были запущены первые искусственные спутники Земли, вычисления орбит этих спутников производились методами, разработанными в большом и важном разделе астрономии, называемом небесной механикой. С помощью этих методов вычисляются орбиты ракет, которые в недалеком будущем будут направлены не только к Луне, но и к другим планетам.

Значение астрономии для нашего народного хозяйства велико и разнообразно, и можно не сомневаться, что в дальнейшем оно будет еще увеличиваться.

[1] См. ст. в томе 1 ДЭ.

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПУТЕШЕСТВИЯ

БОРЬБА С ТЯЖЕСТЬЮ

Приближается новая эпоха в истории человечества. Недалек тот день, когда люди получат возможность посетить небесные тела, которые столько лет приходилось наблюдать издалека. Когда это произойдет? Вероятно, при вашей жизни, а возможно, и при вашем участии, юные читатели.

Но прежде чем заглядывать в будущее, отступим в прошлое лет на 60. Представим себе конец XIX в. В деревянном домике на окраине Калуги живет скромный учитель физики. Он глуховат, ему трудно вести занятия в училище. Но на уроках у него интересно: сверкают электрические молнии, гремит гром, пляшут бумажные куколки, светятся буквы, вертятся колеса. В доме учителя целая мастерская — какие-то странные модели, электрические машины. В звездные ночи, любуясь небесными светилами, он размышляет, каким образом можно долететь до планет. Учитель этот — Константин Эдуардович Циолковский (1857—1935).

Константин Эдуардович Циолковский.
(Рисунок Н. М. Кольчицкого, гравировал Л. С. Быков.)

Над Землей в это время плавают неустойчивые, беспомощные воздушные шары. Терпят аварии первые планеристы, балансирующие на своих воздушных змеях. Самолет пока остается еще мечтой, человек не утвердился в воздухе, а калужский учитель физики уже думает о послезавтрашних проблемах — о полетах за пределы атмосферы.

Тысячи лет люди не могут оторваться от Земли, с завистью смотрят на птиц, мечтают о крыльях, сочиняют сказки о коврах-самолетах. Путы притяжения прочно удерживают человека на Земле. Как же порвать их, как взлететь, устремиться в межпланетные дали?

Не поможет ли воздушный шар? Нет, он всплывает в воздухе, как пробка в воде. Там, где нет воды, не поплывет пробка; где нет воздуха — не полетит воздушный шар.

И самолет не поможет. Его воздушный винт, его крылья приспособлены только для движения в воздухе. За пределами атмосферы самолет летать не может. Казалось бы, тупик. Межпланетные путешествия неосуществимы. Однако учитель физики Циолковский упорно ищет выход. Шар не годится, самолет не годится также... А если взять ракету?..

Ракеты были известны издавна. Их использовали в военном деле, а чаще на празднествах, чтобы зажечь в небе огненные дожди, фонтаны, колеса. Некоторые изобретатели предлагали использовать ракету и для воздухоплавания. Эти предложения не были осуществлены.

Циолковский разработал научную теорию ракеты. Простая ракета — это трубка, набитая порохом. Когда порох горит, образующиеся газы давят во все стороны. Боковое давление уравновешивается, но сзади трубка открыта, газы вылетают наружу, и поэтому давление на переднюю стенку не уравновешено. В результате газы, вылетая назад, толкают ракету вперед.

Таким образом, причина движения ракеты заложена в ней самой. Ее приводят в движение вытекающие из нее газы. Воздух

здесь ни при чем. Значит, ракета способна двигаться в межпланетном пространстве.

Но какую же скорость должна она развить, чтобы победить земное тяготение? Этот вопрос был решен задолго до Циолковского.

Пули и снаряды получают при вылете из дула скорость около 1 *км/сек*. Они летят на несколько километров, а снаряды дальнобойных орудий — на десятки километров. Если мы сообщим камню, пуле, снаряду или ракете с людьми скорость 7,9 *км/сек*, то такое тело, если не учитывать при этом сопротивления воздуха, никогда не упадет на Землю. Оно будет падать вечно, не приближаясь к поверхности Земли, иначе говоря, полетит по кругу, превратится в искусственный спутник Земли, станет как бы маленькой луной. При скорости 11,2 *км/сек* тело покинет Землю навсегда. Скорость эта называется с к о р о с т ь ю о т р ы в а. Она необходима, чтобы начать межпланетное путешествие. Итак, силу тяжести можно победить скоростью.

Могут ли люди вынести такую громадную скорость? Да, безусловно, могут. Земля движется вокруг Солнца со скоростью 30 *км/сек*, вся солнечная система вместе с Землей мчится со скоростью около 250 *км/сек* вокруг центра Галактики. Мы не замечаем этой скорости, мы вообще не замечаем равномерного движения. Но зато наше тело чувствует изменение скорости — ускорение.

Писатель Жюль Верн в фантастическом романе отправил своих героев на Луну в пушечном ядре. Для пушечного ядра воздух не нужен, даже вреден: он замедляет движение. Правда, у пушки есть предел: ядро не может лететь быстрее, чем молекулы газов, образующихся при взрыве. Скорость эта у современных смесей (4—5 *км/сек*) для межпланетного путешествия маловата. Но представим себе какое-нибудь еще не найденное небывало сильное взрывчатое вещество или атомную пушку. Она выстрелит, и снаряд долетит до Луны. Однако живых людей он туда не доставит. Люди будут раздавлены в первое же мгновение. Для них так же опасно находиться в ядре, как и перед ним.

Почему? Да потому, что наш организм приучен к земному притяжению, создающему ускорение 9,8 $м/сек^2$. При этом у человека нормальный вес. В жюль-верновской пушке ускорение было 300 000 $м/сек^2$. Значит, вес пассажиров увеличился примерно в 30 000 раз. Тело Барбикэна, героя романа Жюля Верна, весило в первый момент после выстрела около 2000 *Т*, и даже его шляпа — 6 *Т*. Путешественники были бы раздавлены, расплющены своей собственной тяжестью.

Итак, еще одна трудность. Недостаточно просто получить скорость отрыва, нужно еще набирать ее постепенно. Здесь может помочь ракета. В отличие от пушечного ядра она разгоняется не сразу. Каждая порция вытекающих газов прибавляет ей скорость.

Возникает практический вопрос: сколько же нужно взять топлива в ракету, чтобы получить скорость отрыва и покинуть Землю? Задача эта не была решена до Циолковского. Константину Эдуардовичу пришлось самостоятельно вывести формулу, которая называется ф о р м у л о й Ц и о л к о в с к о г о.

Выяснилось, что конечная скорость ракеты зависит от скорости вытекающих из нее газов и от того, во сколько раз вес топлива превышает вес пустой ракеты. На практике нужно еще учитывать притяжение небесных тел и сопротивление воздуха, там, где он есть.

Порох, который давно уже применялся в ракетах, оказался не таким уж выгодным. Скорость истечения пороховых газов не очень велика; у горящих паров спирта, керосина, бензина она гораздо выше. А еще выгоднее было бы взять жидкий водород, который при окислении дает скорость истечения около 4 *км/сек*. Но у водорода свои недостатки: он слишком легок, требует чересчур объемистых баков и низкой температуры. Баки и холодильники ведь имеют большой вес.

Сколько же нужно запасти в ракете топлива? Расчет показывает: для того чтобы жидкостная ракета с людьми развила скорость отрыва и отправилась в межпланетный полет, нужно взять топлива в сто раз больше, чем весит корпус ракеты, двигатель, механизмы, приборы и пассажиры вместе взятые. Обыкновенное ведро, например, весит всего в 7 раз меньше, чем налитая в него вода, яичная скорлупа — в 11 раз меньше, чем ее содержимое. Такое соотношение для современной техники — идеал. А нам нужно еще меньше — 1:100.

Снова очень серьезное препятствие. Циолковский знал о нем и всю жизнь думал, какими способами преодолеть его.

Способ первый: увеличить скорость истечения газов выше 4—5 *км/сек*, найти новое, более совершенное топливо. Если взять, например, водород, но только не молекулы газа, а отдельные атомы, то, соединяясь, они могут дать огромное количество энергии, и скорость истечения будет выше 20 *км/сек*. Но добывать атомный

водород трудно, хранить его и управлять реакцией соединения мы пока не умеем.

Большую скорость истечения можно получить при высокой температуре. Ее источником могла бы быть атомная энергия. Но атомных двигателей, пригодных для установки на ракете, пока еще нет. Это дело будущего.

Второй способ, над которым очень много работают ученые,— заправка топливом в пути. Представим себе, что мы построили ракету, которая способна стать искусственным спутником. Она поднялась с Земли, вышла на круговую орбиту и израсходовала все топливо. Теперь она обращается вокруг нашей планеты. Ракета никуда не улетит; для этого нужно увеличить скорость. Мы посылаем на помощь ей другие ракеты-цистерны с топливом. Из них наполняются опустошенные баки основной ракеты, двигатель ее вновь включается, и, развив скорость отрыва, она улетает на Луну или к далеким планетам. Конечно, сделать это не так просто. Ведь ракета-спутник летит раз в 10 быстрее пули. Нелегко найти ее в межпланетном пространстве, нелегко к ней причалить. Цистерн понадобится много. В общем, трудности здесь очень большие.

Межпланетные полеты облегчились бы, если бы у Земли на небольшой высоте была вторая Луна. Но, увы, второй Луны в природе нет. Может быть, можно создать вторую Луну искусственно? Об этом мечтал Циолковский. В наше время запуск первых искусственных спутников является преддверием к созданию больших искусственных спутников. Такой спутник мог бы служить топливозаправочной станцией, удобным пересадочным пунктом на пути к планетам и одновременно великолепной лабораторией в безвоздушном пространстве. Конечно, построить этот межпланетный островок нелегко, но преимущества его неоспоримы. Ведь сам он летит со скоростью в несколько километров в секунду. Эту скорость нужно превысить на 41%, чтобы ракета покинула Землю навсегда.

Есть и третий способ, который Циолковский обдумывал и совершенствовал в последние годы своей жизни. Это — ракетный поезд, многоступенчатый межпланетный корабль. Он состоит из многих ракет, соединенных между собой. В передней ракете, кроме топлива, находятся пассажиры и снаряжение. Ракеты работают поочередно, разгоняя весь поезд. Когда топливо в одной ракете выгорит, она сбрасывается, при этом удаляются опустошенные баки и весь поезд становится легче. Затем начинает работать вторая ракета и т. д. Передняя ракета, как по эстафете, получает скорость, набранную всеми предыдущими ракетами.

Сам Циолковский придавал громадное значение составным ракетам и постоянно трудился над их усовершенствованием. За несколько месяцев до смерти он писал:

«Сорок лет я работал над реактивным полетом... Через несколько сотен лет, думал я, такие приборы залетят за атмосферу и будут уже космическими кораблями... Непрерывно вычисляя и размышляя над скорейшим осуществлением этого дела, вчера, 15 декабря 1934 года, после шести часов вечера, я натолкнулся на новую мысль относительно достижения космических скоростей... Последствием этого открытия явилась уверенность, что такие скорости гораздо легче получить, чем я предполагал. Возможно, что их достигнут через несколько десятков лет, и, может быть, современное поколение будет свидетелем межпланетных путешествий».

Слова эти оказались пророческими. После смерти Циолковского прошло менее 25 лет, и межпланетные скорости были достигнуты.

ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ И СОЛНЦА

1957 год был переломным для а с т р о н а в т и к и — науки космических полетов. До этого она занималась только планами, проектами, прогнозами.

В старых романах мы частенько читали о каком-нибудь чудаке-ученом, который втихомолку изобрел межпланетный корабль, выстроил его тайком и в один прекрасный день улетел на Луну или на Марс.

Ничего подобного быть не может. Завоевать небесные пространства можно только совместными усилиями ученых различных специальностей. Здесь нужны астрономы, астрофизики, математики, механики, физики, химики, теплотехники, металлурги, машиностроители, конструкторы, врачи, биологи, электротехники, радиотехники и многие другие.

Межпланетное путешествие будет общим достижением многих наук и десятков тысяч людей — ученых, инженеров и рабочих.

В науке все идет последовательно. Изобретения не падают с неба, они появляются, опираясь на предыдущие открытия. Сначала осуществляются легкие задачи, потом более трудные. Бросить камень легче, чем

сдвинуть паровоз. Пули и снаряды давным-давно обогнали звук, самолеты сделали это несколько лет назад. Так вышло и с межпланетными скоростями. Снаряды без людей — небольшие кабины с приборами — развили эти скорости раньше, чем пассажирские ракеты.

В течение последнего десятилетия летающие приборы штурмовали высоту. Ракеты без людей поднялись на 100, 180, 470 *км*. На ракетах были приборы. Они измеряли температуру на разных высотах, фотографировали те солнечные лучи, которые не попадают в нижние слои земной атмосферы. С высоты 200 *км* была сфотографирована и часть земной поверхности.

Вслед за приборами ввысь были отправлены животные: мыши, обезьяны, собаки. Нужно было проверить, не вреден ли для живого существа прыжок за пределы Земли. Собаки, побывавшие на высотах в сотни километров, благополучно приземлялись.

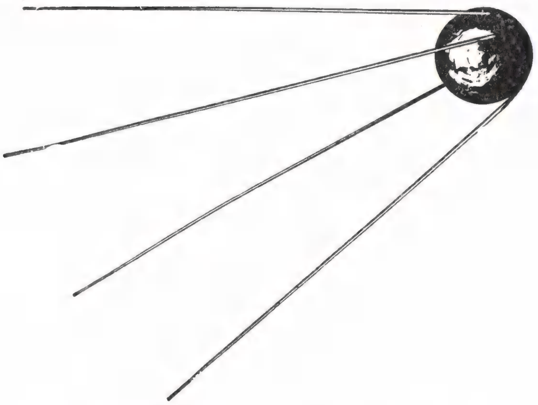
Ракеты совершенствовались. Росла высота, росла и скорость: 2—3 *км/сек*, затем 5—6 *км/сек*. И вот в Советском Союзе была создана ракета, способная развить скорость 8 *км/сек*. Она стартовала 4 октября 1957 г. Взлетев ввысь вертикально, свечкой, ракета пронзила стратосферу. Ее вели автоматические устройства, действующие по заданной программе. Ракета поднялась на двести с лишком километров, постепенно приняла горизонтальное направление и легла на курс. Нужно было это сделать очень точно: ошибка на один градус испортила бы все. Но автоматы действовали безупречно. Ракета набрала нужную скорость и отправила в путь блестящий шар из алюминиевых сплавов — первый в мире искусственный спутник, сделанный в нашей стране.

8 *км* в секунду, 28 800 *км* в час!

Если в какую-либо минуту спутник был над Австралией, то через 20 минут — над Аляской, еще через 12 минут — над Нью-Йорком, еще через 10 — над Бразилией. За полтора часа — кругосветное путешествие, 15 оборотов в сутки, и всякий раз по новой трассе, потому что плоскость орбиты спутника в пространстве неподвижна, а Земля вращается вокруг своей оси внутри этой орбиты.

Первый спутник был невелик: диаметр его — 58 *см*, вес — 83,6 *кГ*. У него были двухметровые усы — антенны. Внутри — два радиопередатчика. Проносясь над всеми странами мира, спутник оповещал, что эра космических странствий уже наступила, и эту эру открыла страна социализма. За ним отправились в странствование вокруг Земли второй и третий спутники.

«Бэби-мун» — «Луной-малюткой» — прозвали американцы нашего межпланетного первенца. Тысячи глаз и радиоприемников следили за его полетом. И каждый час его жизни интересовал ученых. Впервые земное тело поднималось на высоту 947 *км*. Впервые на таких высотах работал радиопередатчик. Сигналы его показывали, как проходят радиоволны через верхние



Первый искусственный спутник Земли с антеннами для посылки радиосигналов.

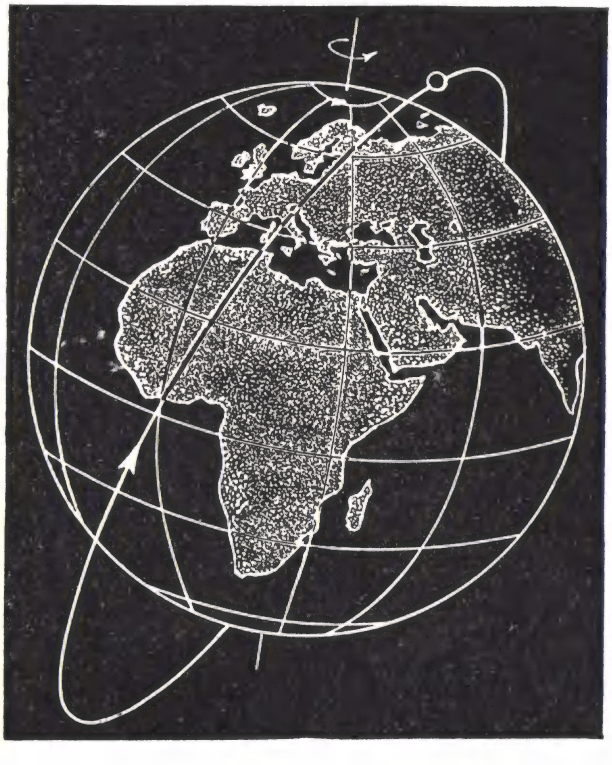


Схема движения первого искусственного спутника Земли.

наэлектризованные слои атмосферы, позволяли глубже понять их строение.

Радиопередача требует энергии. Энергия в космосе есть. Ее можно заимствовать от Солнца. Пусть оно своими лучами заряжает аккумуляторы. Но на первом спутнике стояли батареи, заряженные на Земле. Они иссякли через некоторое время, однако и замолкший спутник продолжал служить науке. На больших высотах, где пролегал его путь, воздуха почти нет... но все же «почти нет», а не «совсем нет». Даже при незначительной плотности воздух оказывает сопротивление, и скорость спутника постепенно снижается. Благодаря этому можно установить, какова плотность атмосферы на различных высотах.

Некоторые особенности в движении спутника указывают на неравномерное притяжение Земли. Это позволяет уточнить форму и строение нашей планеты, найти скрытые под Землей тяжелые или легкие массы.

Теоретически тело, летящее над Землей со скоростью 8 *км/сек*, не упадет никогда. Но первые спутники не могли летать вечно. Ничтожное сопротивление воздуха со временем затормозило их полет. Они снижались и, влетев в плотные слои воздуха, сгорали и рассыпались.

Теперь нужно было решить самый важный вопрос: может ли живое существо перенести космический полет, или оно неминуемо погибнет за пределами атмосферы? Второй советский искусственный спутник, стартовавший 3 ноября 1957 г., должен был ответить на этот вопрос. На нем в космос на высоту до 1670 *км* отправилась первая путешественница — собака Лайка. Специальные приборы следили за ее дыханием, пульсом, кровяным давлением. Мы знаем, что Лайка хорошо перенесла стремительный старт и многосуточное путешествие вокруг Земли. На третьем советском искусственном спутнике Земли была установлена еще более разнообразная аппаратура для изучения свойств земной атмосферы, солнечного излучения и т. п. Он весил 1,3 тонны, и запасы его электрической энергии для питания приборов пополнялись за счет действия солнечных лучей на установленные приспособления. Позднее несколько искусственных спутников удалось запустить и в США.

Третий советский спутник оказался самым долговечным и самым тяжелым. Советские люди сумели забросить в пространство солидное сооружение, размером с легковую машину. И тогда на очередь стала следующая задача — полеты к Луне.

Надеясь обогнать советскую науку, американцы в течение 1958 г. несколько раз пытались отправить к Луне небольшие снаряды, но безуспешно.

Но вот вечером 2 января 1959 г. Землю покинула советская космическая ракета. Опять солидный вес — 1472 *кГ*. Вес контейнера с приборами — 363,3 *кГ*.

Ракета пронеслась над нашей страной, пересекла восточные границы, прошла над Тихим океаном и Гавайскими островами, постепенно удаляясь от Земли. Весь мир с волнением и восторгом слушал сообщения: «Вторая космическая скорость набрана!», «3 января к 3 часам утра пройдено более 100 тысяч километров!», «К 1 часу дня — более 200 тысяч!», «К полуночи — 300 тысяч!»

4 января в 5 час. 59 мин. ракета пронеслась мимо Луны. Запас скорости был так велик, что Луна не смогла притянуть новорожденное космическое тело. Ракета навеки унеслась в космос. Она стала спутником Солнца, первой искусственной планетой, созданной человеческими руками. Отныне миллионы лет она будет бороздить пространство между Землей и Марсом, неся на себе гордый вымпел Страны Советов. Миллионы лет! Никогда еще люди не создавали такого долговечного памятника себе.

Так советские люди начали освоение солнечной системы.

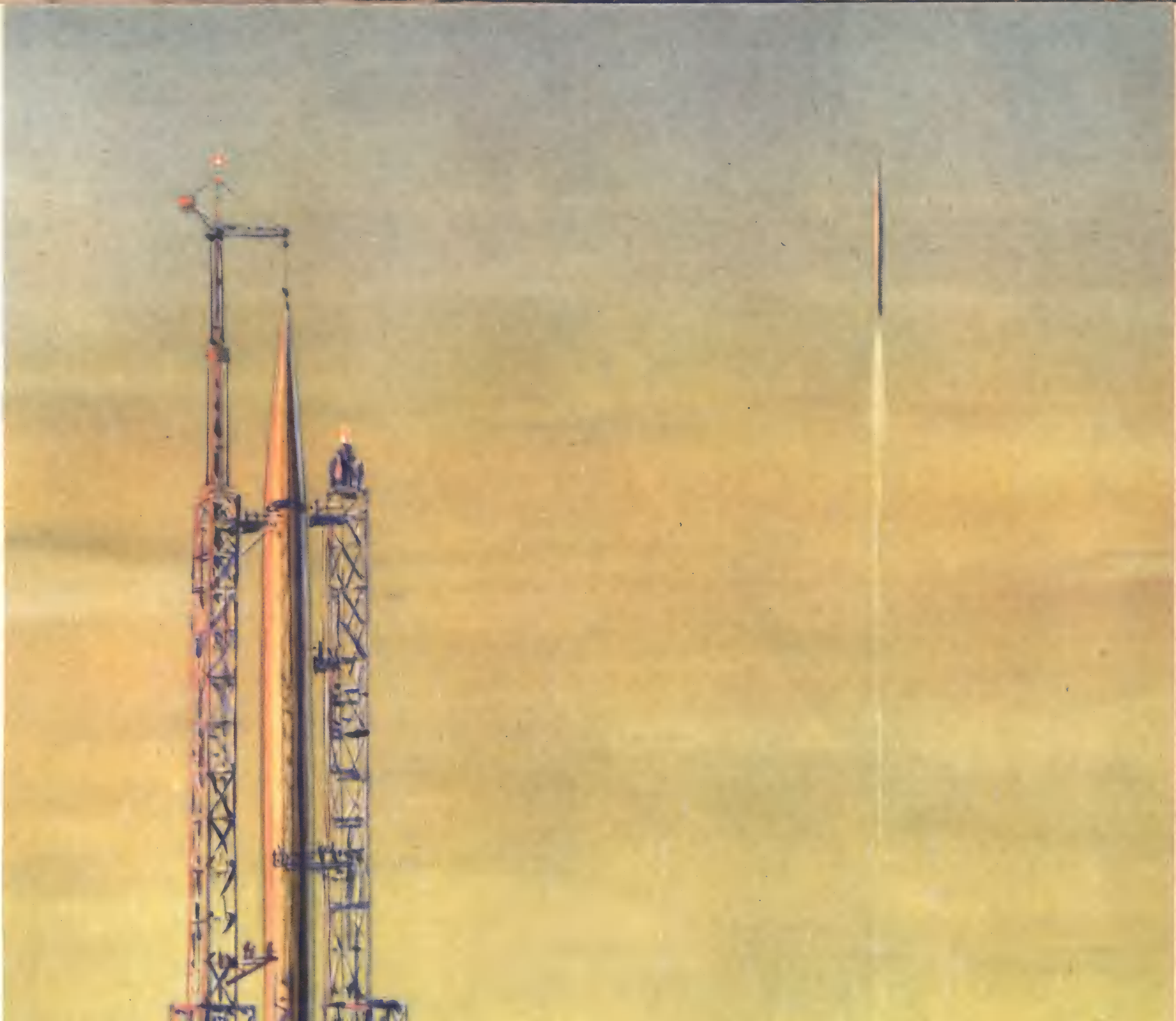
ЗЕМЛЯ — ЛУНА

Проносясь мимо Луны, первая лунная ракета должна была измерить магнитное поле Луны и ее радиоактивность. Понадобится немало еще автоматических ракет, чтобы облететь, сфотографировать, нанести на карту, изучить Луну. Но мы опустим историю всех будущих ракет-автоматов.

Предположим, что создан уже межпланетный корабль, способный доставить нас на Луну. В кабине много приборов, удобные кресла. Мы пристегиваемся к креслам ремнями.

Секундные стрелки движутся по циферблату. Приближается заветный, заранее вычисленный момент старта. Осталось 5, 4, 3, 2 секунды... Вспышка! Рывок! Грохочущий удар! Нас прижимает к креслу, вдавливает в него. Страшная тяжесть стискивает грудь, мешает дышать. Все это — результат непомерного ускорения.

Мы стартовали с вершины горы. Это было сделано для того, чтобы не тратить топливо на борьбу с сопротивлением воздуха в нижних, плотных слоях атмосферы.



Старт космических ракет.

Атомная космическая ракета в полете.

Горы проваливаются вниз, голубоватая дымка скрадывает очертания. Блестящие снежные вершины теряются среди снежно-белых облаков. Ярко-синее небо над облаками с каждой секундой темнеет и постепенно становится почти лиловым. Мы в стратосфере. Уже перекрыты рекорды стратостатов и самолетов, хотя после старта прошло не более 30 секунд.

Все выше и выше. На чернильно-лиловом небе проступают звезды. Сверкнула огненная нить, как будто кто-то невидимый острой бритвой раскроил небосклон. Это метеорная частица, влетев в стратосферу, раскалилась и испарилась. Кажется, что ракета движется все медленнее, потому что Земля ушла далеко вниз. Видимая ее поверхность, окутанная голубым туманом с темно-голубыми морщинами хребтов, непохожа на покинутую нами родную планету.

Через две минуты после старта мы над стратосферой — в ионосфере. Плотность воздуха здесь во много раз меньше, чем на поверхности. Практически это безвоздушное пространство.

Ракета плавно поворачивает. Мы ощущаем этот поворот своеобразно. Двигатель все еще работает. Силы инерции прижимают нас к креслам, и нам кажется, что ракета летит по-прежнему вверх, даже запрокидывается. Зато Земля, которая была снизу, вдруг разворачивается и превращается в крутую, почти отвесную стену.

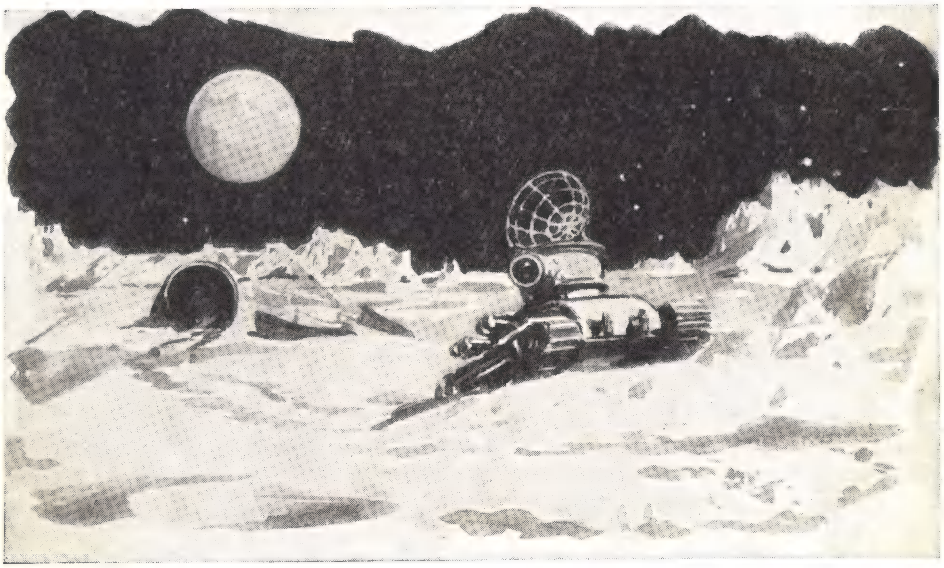
Наш межпланетный корабль повернул на восток. На это есть причина.

Всякий предмет, в том числе и ракета, находящаяся на поверхности Земли, еще до отлета имеет начальную скорость — скорость вращения Земли вокруг оси. На полюсах она равна нулю, на экваторе — 465 *м/сек*.

Лодка, плывущая по течению, движется быстрее, чем против течения. Ракета, повернувшая на восток, полетит быстрее, чем на запад: ведь Земля вращается в направлении с запада на восток. Значит, это вращение сделает за ракету часть работы, сэкономит заметную долю топлива. Вот почему выгоднее лететь на восток, вот почему выгоднее стартовать на экваторе или, по крайней мере, в южных районах нашей страны.

Допустим, наш ракетодром находится на Кавказе. Сквозь яркие полосы облаков можно будет различить очертания заливов Каспия. Живая карта, затуманенная дымкой атмосферы, проплывет перед нашими глазами. За темным Каспием появляются красноватые пустыни Средней Азии, серо-зеленые пятна ее оазисов, затем снова сверкающие белизной снежные хребты. Минут через семь после старта, набрав необходимую скорость отрыва, мы выключаем двигатель. Вы уже знаете, какова эта необходимая скорость. У самой поверхности Земли она равна 11,2 *км/сек*, а с высотой постепенно уменьшается. Итак, мы помчимся со скоростью около 40 тыс. *км/час*. За час мы можем совершить кругосветное путешествие вдоль экватора. На нашей широте оно займет меньше времени.

Четверть часа занял у нас весь путь от Кавказа до Тихого океана. Огибая Землю, мы постепенно поднимаемся. Еще через несколько минут с высоты 2—3 тыс. *км* мы увидим примерно четверть земного шара. Этот гигантский глобус занимает полнеба. На освещенной Солнцем стороне Земли не без труда можно будет



Автоматическая танкетка с телевизионным передатчиком на Луне.
(Рисунок Н. М. Кольчицкого.)

Первые люди на Луне.
(Рисунок Н. М. Кольчицкого.)

различить очертания материков и морей. Облака частично скрывают их. Звезд станет видно гораздо больше, чем на Земле. Впереди по курсу — Луна, сзади, на фоне звездного неба,— Солнце.

МЕЖПЛАНЕТНЫЙ ОКЕАН

Прежде чем добраться до цели, нам придется очень долго плыть, плыть и плыть по просторам бесконечного безвоздушного пространства.

Капитан морского корабля должен считаться с морскими течениями. Межпланетный корабль находится во власти сил тяготения. Закон тяготения (см. стр. 356) управляет движениями всех небесных тел: и звезд, и Солнца, и планет, и микроскопических пылинок, и нового, созданного людьми небесного тела — межпланетной ракеты. Мы только что выключили двигатель, а путь наш уже начерчен, проведен невидимым пунктиром в безбрежной пустоте.

В пространстве, где действуют силы тяготения одного крупного тела, другие небесные тела движутся по кругу, эллипсу, параболе или гиперболе. И наша ракета, покинув Землю, полетит по одной из этих линий. Но по какой именно — это зависит от набранной скорости.

Если эта скорость достаточно велика, ракета будет обращаться вокруг Земли по кругу. Если скорость еще увеличится — по эллипсу. При дальнейшем увеличении — по параболе. Если скорость ракеты будет возрастать, то ракета полетит по гиперболе.

Конечно, мы взяли только самый простой случай — два тела: Землю и ракету. Нужно учитывать еще влияние Солнца, Луны и больших планет. Все эти небесные тела будут искажать наши плавные кривые, вносить в них «возмущения».

Включив двигатель, мы можем изменить нашу трассу. Но мы бережем топливо и заинтересованы в том, чтобы включать двигатель как можно реже. Мы предпочитаем плыть по инерции, и нам приходится считаться с «течениями» межпланетного океана, в связи с которыми путь наш получится довольно сложным.

Разберем подробнее условия полета на Луну. Из бесчисленных возможных путей выберем самый экономный с точки зрения затраты горючего. Покинув Землю, мы развиваем начальную скорость — около 11 *км/сек*. Она несколько меньше скорости отрыва. Но ведь нам нужен полет не в бесконечность, а только полет на Луну.

Развив скорость 11 *км/сек*, ракета полетит по очень вытянутому эллипсу, большая ось которого будет несколько меньше расстояния от Земли до Луны. Чем дальше от Земли, тем медленнее будет двигаться ракета. Огромная ее скорость будет «съедена» в ближайших окрестностях Земли, там, где велика тормозящая сила притяжения. Со временем ракета будет лететь медленнее пули, потом медленнее самолета. На четвертые сутки ракета попадет в зону, где лунное притяжение сильнее земного. Отсюда с высоты около 40 000 *км* ракета начнет падать на Луну. Падая, она тоже будет двигаться по эллипсу, только по другому. В результате мы опишем в пространстве кривую, похожую на вытянутый вопросительный знак.

На самом же деле трасса будет еще сложнее, потому что влияние Луны начнет сказываться с момента старта, а притяжение Земли будет тормозить ракету вплоть до посадки на Луну.

Кроме того, вмешается еще Солнце, да и сами мы внесем искажения, включая двигатель. Поэтому, прежде чем отправиться в путь, надо будет рассчитать его с помощью электронных машин, умеющих делать вычисления во много раз быстрее, чем люди.

БУДНИ РАКЕТЫ

Мы в пути. Двигатель давно выключен. Незримые силы притяжения ведут нас по межпланетной трассе. Прошло несколько часов после вылета. Земной шар отдалился. Теперь он похож на большую Луну. Настоящую Луну мы тоже видим. Видно и Солнце. На небе три светила. Из них Солнце — самое яркое, а Земля кажется самым большим. Небо — бархатно-черное, и на нем бесчисленное множество звезд. Ведь голубой цвет земного неба зависит от рассеивания солнечных лучей в атмосфере. В безвоздушном пространстве нет воздуха и нет рассеивания. Небо здесь всегда черное, звезды не мерцают и солнечный свет не затмевает их.

Наша герметическая кабина — крошечный островок, пригодный для жизни. Нам нужно

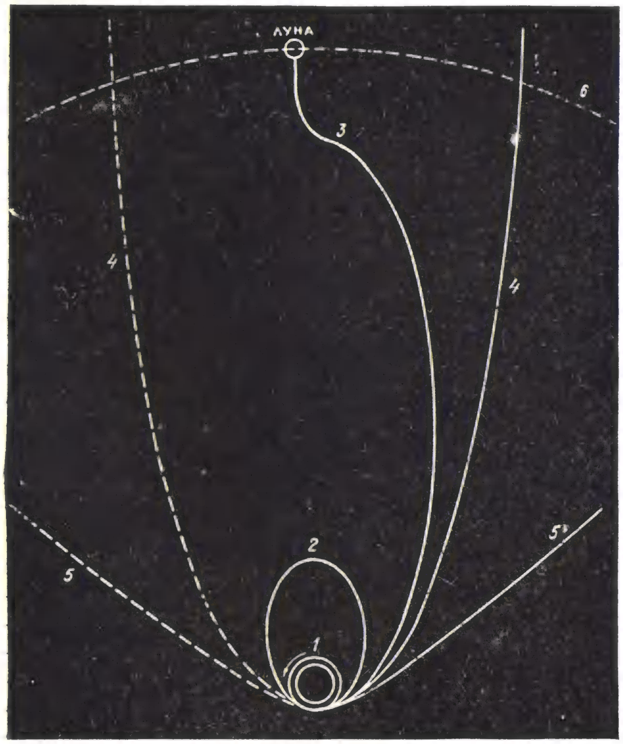


Схема космических трасс:
1 — круг; 2 — эллипс; 3 — самая экономичная орбита полета на Луну; 4 — парабола; 5 — гипербола; 6 — орбита Луны.

тщательно оберегать ее стенки: ничтожная трещинка угрожает смертью. Все необходимое для жизни надо брать с собой с Земли, даже воздух для дыхания, ведь в безвоздушном пространстве добыть его нельзя. Мы везем жидкий кислород в баллонах, из расчета литр в сутки на человека. Однако человек не только вдыхает воздух, но и выдыхает. Пришлось позаботиться об очистке воздуха. Мы очищаем его, пропуская через холодильник. При температуре минус 78° углекислый газ превращается в жидкость, которую уже нетрудно удалить.

За стенами ракеты, снаружи, можно и обжечься и обморозиться. Обшивка ее на освещенной Солнцем стороне накалена сильнее, чем песок в самой жаркой пустыне, а на другой стороне — глубокая, черная тень, температура ниже 100°. Впрочем, приведя ракету во вращение, можно сделать температуру равномерной. Пусть каждая сторона попеременно нагревается и остывает.

Земная атмосфера прозрачна не для всех солнечных лучей, она фильтрует их: одни пропускает, другие задерживает — в том числе вредные для живых существ. Но в межпланетном пространстве такие лучи не ослаблены; чтобы не пропускать их, надо вставить в окна кабины специальные стекла.

В кабине мы чувствуем себя уютно и удобно. Однако есть грозная опасность, которая может ежесекундно нарушить наш покой, — столкновение с метеорами.

Кроме планет и их спутников, в солнечной системе есть великое множество мелких небесных тел. Среди них астероиды — малые планеты (см. стр. 396). Их можно назвать летающими островами или летающими горами. Есть метеоры — летающие глыбы, летающие камни. Есть и крошечные метеорные частицы — летающие песчинки и пылинки. И вот мчится такая межпланетная дробинка по своей орбите, мчится в десятки раз быстрее, чем пуля, и вдруг на пути ее препятствие — ракета. Что произойдет при столкновении? Может быть, стенка ракеты будет прошита насквозь, как иголкой, а может быть, маленький метеор мгновенно превратится в пар, произойдет небольшой взрыв и будет пробит корпус, топливный бак или — еще хуже — испорчен двигатель.

Конечно, значительные по размеру, опасные для ракеты метеорные тела — большая редкость. Скорее всего, мы долетим до Луны, не встретив ни одного из них. Но не хочется полагаться только на авось. И мы сделали для нашего межпланетного корабля вторую обо-

лочку. Мы надеемся, что, ударившись о нее, метеорные частицы взорвутся.

В крайнем случае они частично повредят внешнюю оболочку, но растратят на это свою энергию. А основной корпус все же не будет затронут; так что можно не опасаться космических пуль и спокойно ходить по кабине.

Мы сказали «ходить». Это неверно. Ходить нам не придется: ведь в межпланетной ракете нет веса. Он исчезнет с той секунды, как выключится двигатель. Как же так: притяжение есть — ведь Земля притягивает нас, Луна притягивает, Солнце притягивает, — а веса нет? Давайте разберемся в этом.

Что такое вес? Когда мы были дома, на своей планете, на нас действовала сила, притягивавшая нас к центру Земли. Но к нему мы не приближались, ведь под ногами у нас твердый грунт. Нас только прижимало к земной поверхности. Вот эта прижимающая сила и есть вес. На Земле он почти одинаков повсюду (на полюсе несколько больше, чем на экваторе). Но за пределами Земли вес неустойчив и непостоянен.

Когда мы стартовали, он у нас увеличился. Это произошло потому, что к прижимающей силе земного тяготения присоединилась прижимающая сила инерции. Двигатель разгонял ракету, наше тело сопротивлялось разгону, мы ощущали двойной и даже тройной вес.

Но вот двигатель выключен. Что произошло?

Притяжение Земли на нас все еще действует, правда слабее, потому что мы дальше от ее центра. Под влиянием притяжения ракета поворачивает — вместо прямой линии движется по эллипсу. Под влиянием того же притяжения и мы с вами движемся по эллипсу. Притяжение есть, но нет силы, которая прижимала бы нас к стенкам ракеты. Это и означает, что нет веса. Ходить стало невозможно, исчезли верх, низ. Все незакрепленные предметы свободно плывут по кабине, как только их заденешь. Мы выпустили из рук книжку — она не падает, а висит в воздухе. Мы тоже можем улечься в воздухе между полом и потолком. Можно даже плавать, но не как в воде.

За пределами ракеты в межпланетном пространстве человек вообще не сумел бы передвигаться. Он только беспомощно барахтался бы вокруг собственного центра тяжести. Двигаться здесь можно, лишь выбрасывая из кармана вещи или стреляя из пистолета. А в кабине путники перемещаются, отталкиваясь от стен или держась за специальные скобы. Работать придется, пристегиваясь к креслам, иначе случайное движение будет поворачивать человека или бросать его на стены.

Потеряв вес, предметы все время будут передвигаться. Небольшой толчок — и инструмент или карандаш плывет по воздуху.

Особенно много затруднений с жидкостями. Мы открываем кран, чтобы умыться, но вода не течет. Хотим пить — вода не льется из чайника в стакан. Тяжесть исчезла, и жидкость потеряла свое основное свойство — течь сверху вниз. Если мы в сердцах встряхнем чайник, из носика вылетит громадная шарообразная капля. Прикоснемся к этому шару губами, он лопнет и растечется по всему лицу, ибо тяжесть исчезла, но молекулярные силы действуют: остались поверхностное натяжение и смачивание.

Тарелки, стаканы, ложки в межпланетном путешествии бесполезны. Вместо всего этого у нас будут резиновые пузыри. Нажимая на их стенки, мы выдавим воду прямо в рот.

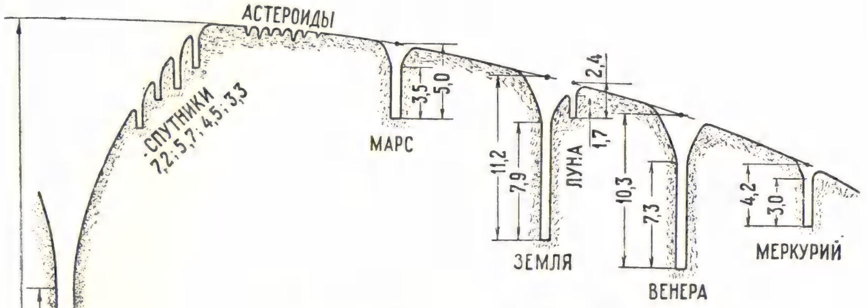
На Земле человек всегда ощущает свой вес. Он исчезает иногда на одну-две секунды в скоростных самолетах или в скоростных лифтах при спуске. Это довольно неприятное ощущение. У людей есть органы, работа которых связана с весом, — это органы равновесия. Ученые опасаются, что люди в невесомой ракете будут чувствовать головокружение и тошноту. Эту «межпланетную болезнь» придется преодолевать упорной тренировкой.

Правда, при желании вес можно создать и в ракете. Об этом писал еще К. Э. Циол-

Сколько будет весить человек на различных небесных телах

На Земле — 70 *кГ*
На Меркурии — 19 *кГ*
На Венере — 63 *кГ*
На Марсе — 26,5 *кГ*
На Юпитере (на полюсах) — 202 *кГ*
На Сатурне (на полюсах) — 92 *кГ*
На Уране — 64 *кГ*
На Нептуне — 64 *кГ*
На Луне — 11,4 *кГ*

На Солнце человек весил бы 1950 *кГ*
На звезде Койпера — 100000000 *кГ* (белый карлик)



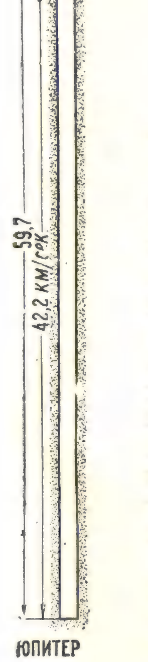


Схема притяжения планет («колодцы»). Юпитер показан с самыми крупными спутниками.

ковский. Нужно только заставить ракету вращаться вокруг оси. Вместе с вращением появится центробежная сила, которая будет прижимать нас к одной из стен. У нас снова появятся пол и потолок, вещи перестанут плавать в воздухе, вода польется из крана. Но как устроить вращение? Ведь, если ракета будет вращаться вокруг продольной оси, у стенок получится нормальная тяжесть, а в центре кабины — полное отсутствие веса. Кабина невелика; в результате ноги у человека будут с нормальным весом, а голова легче пушинки.

Лучше, если бы ракета вращалась вокруг какого-нибудь противовеса, находящегося вне ее. Но мы и так экономили каждый килограмм, а тут нужно брать противовес, ставить на него двигатель, запасать горючее, соединять с ракетой прочным канатом. Попробуем обойтись на первый раз без веса.

ВСЕ ДАЛЬШЕ И ДАЛЬШЕ

Куда же мы полетим прежде всего? На Луну или сразу начнем с Марса, чтобы разрешить наконец загадки марсианских каналов и марсианских морей? Или же посетим все планеты по очереди — от знойного Меркурия до ледяного Плутона?

К сожалению, нам нужно считаться не только с собственными желаниями, но и с возможностями техники. А она диктует строгий порядок: от легких задач — к более трудным.

Посмотрите на схему. Она наглядно показывает, как действуют силы притяжения в солнечной системе. Вы видите пологий скат и на нем глубокие, узкие, как щели, «колодцы». Это зоны притяжения планет. Сами планеты находятся как бы на дне «колодцев притяжения». Самый глубокий, слева, — «колодец» Юпитера; далее мы видим «колодцы» Марса, Земли, Луны и Венеры. Возле «колодцев» стоят цифры. Они показывают, какую скорость нужно развить, чтобы вырваться из «колодца», иначе говоря — какова скорость отрыва для каждой планеты и какая скорость необходима, чтобы стать спутником. Возле Земли знакомая цифра — 11,2 *км/сек*. Ниже — другая цифра — 7,9 *км/сек*. Это круговая скорость, достигнув которой тело может выскочить из отвесного «колодца» и стать спутником.

Все планетные «колодцы» расположены на покатом склоне, который уходит за пределы схемы. Склон этот — край солнечного «колодца», самого большого и самого глубокого из всех. Чтобы выбраться из него, нужно развить скорость отрыва 618 *км/сек*. По понятным для вас причинам ракете с людьми лететь на Солнце невозможно.

По схеме можно судить о трудностях межпланетных путешествий. Например, чтобы посетить Луну, нужно добраться почти до самого края земного «колодца» и спуститься в лунный, уменьшая скорость падения. На обратном пути необходимо развить такую скорость, чтобы выбраться из лунного «колодца», а падая в земной «колодец», снова уменьшить огромную скорость падения. И на взлеты, и на торможение нужно запасти топливо. Естественно, чем глубже «колодец», тем труднее спуститься и выбраться из него. Поэтому полет на Марс легче, чем на Венеру, а облет вокруг Марса без спуска — еще легче.

Межпланетные путешествия придется начинать с полетов, требующих наименьших скоростей. Первый из них — полет вокруг Земли на искусственном спутнике. Для него нужна скорость 7,9 *км/сек*. При скоростях от 8 до 11 *км/сек* спутники будут отлетать все дальше и дальше от Земли. Скорость 11 *км/сек* достаточна для того, чтобы долететь до Луны (фактически требуется несколько больше, чтобы преодолеть сопротивление воздуха на старте). Однако, дойдя до края лунного «колодца», такая ракета не сможет в него благополучно спуститься и свалится на Луну с высоты около 40 000 *км*. Едва ли ракета перенесет такой удар. Вероят-

нее всего, она взорвется. Но даже простой выстрел по Луне представляет интерес для науки.

Для плавного спуска на Луну потребуется еще усилие конструкторов — прибавка скорости до 13,4 *км/сек*. Такая ракета уже сумеет совершить посадку. Правда, на Землю она не вернется, но первые сведения о Луне мы получим. На ракете будут приборы, которые сообщат нам о температуре и составе лунной поверхности. На ракете может быть и телевизионный передатчик; тогда, не побывав на Луне, телезрители Земли увидят чуждый, странный для нашего глаза лунный пейзаж.

Итак, первый шаг в межпланетных путешествиях — это управляемые по радио автоматические ракеты. Они разведают трассы и сообщат по радио свои наблюдения. Радио и автоматика ускорят наше проникновение в межпланетные просторы, сделают работу будущих путешественников легче и безопаснее.

Только после этого в путешествие отправятся люди. Подобно приборам, они, вероятно, начнут с «прыжков» в межпланетное пространство на высоту до 1000—2000 *км*. В этих коротких полетах будущие путешественники познакомятся с миром без тяжести, научатся при спуске тормозить ракету за счет сопротивления воздуха. Затем последуют длительные полеты на временных искусственных спутниках. И только после всего этого — полет вокруг Луны. Ведь облететь ее легче, чем спускаться на поверхность, а затем снова подниматься, преодолевая лунное притяжение.

Облетая вокруг Луны, путешественники впервые осмотрят и нанесут на карту ее другую сторону, которую люди не видели никогда. Впрочем, ученые полагают, что на той стороне нет ничего неожиданного — такие же темные равнины («лунные моря»), кольцеобразные горы, хребты и трещины.

И только после этого можно будет спуститься на Луну. Покинув Землю, ракета причалит к первому «небесному» острову на пятые сутки. Одетые в скафандры люди выйдут на горячую почву освещенной и нагретой Солнцем лунной пустыни. Они исследуют лунную пыль, соберут образцы пород, раскроют тайну светлых лучей, поднимутся на вершины гор, спустятся в кратеры, огромными прыжками перенесутся через трещины. На поверхности Луны сила тяжести в 6 раз меньше, чем на поверхности Земли. Поэтому человек, находясь на Луне, одним шагом «перемахнет» расстояние в шесть раз большее, чем на Земле. Иначе говоря, человек на Луне будет передвигаться не обычными шагами, а прыжками (см. рис. на стр. 458). Перед путешественниками будет обширная неизведанная поверхность в 38 млн. $км^2$ (площадь лунного шара несколько меньше площади Азии).

Полет на Луну намного опередит путешествие на Марс и Венеру. И не только потому, что «колодцы» Марса и Венеры глубже лунного и потребуют гораздо больше топлива при спуске и взлете. Дело в том, что эти планеты гораздо дальше от нас. До Луны нам нужно лететь сотни тысяч километров, до Марса и Венеры по самым выгодным орбитам — сотни миллионов километров (здесь самые выгодные орбиты не самые короткие). До Луны мы летим несколько суток, до Марса и Венеры — много месяцев.

При полете на Луну каждому человеку нужны десятки килограммов пищи, воды и воздуха. При полете на Марс и на другие планеты потребуются уже тонны. А на эти тонны нужны десятки тонн топлива и еще сотни тонн топлива, чтобы разогнать эти десятки тонн. Трудности возрастут неимоверно. Увеличится и метеоритная опасность. Ведь в длительном полете вероятность встречи с метеоритами гораздо больше. И со связью будет труднее. При полете на Луну радиотехники обеспечат связь и даже управление ракетой с Земли. Но нет уверенности, что радиосвязь будет так же хорошо действовать на расстоянии в 200—400 млн. *км* от Земли.

Посмотрим снова на схему. «Колодец» Марса заметно мельче, чем «колодец» Венеры. Очевидно, полет на Марс легче осуществить. На эту планету легче высадиться и легче выбраться с нее. А еще легче пройти по краю марсианского «колодца» и вернуться на Землю. Вероятно, с этого люди и начнут.

Такой полет потребует большого мужества и величайшего терпения. Представьте себе, мы покидаем Землю. В первые минуты и часы мы захвачены грандиозным зрелищем Земли. Но шар, занимающий все небо, постепенно становится все меньше: через несколько дней это — вторая Луна, через месяц — яркая голубая звезда, от которой ракета мчится к другой — красноватой. Месяц идет за месяцем, голубая звезда становится все тусклее, а красная — ярче. Вот Марс уже виден, как Луна на земном небе. Следуют часы напряженной работы. Фотографируем, наблюдаем, изучаем полярные шапки, моря, каналы. Сколько раскрыто тайн, сколько встает новых вопросов! Хочется подойти ближе, рассмотреть получше. Но приближаться опасно: мы рискуем упасть в «колодец». Пролетаем мимо планеты на расстоянии 50 000 *км*.

Марс начинает «отплывать». Через четыре дня мы улетим от него на миллионы километров. Теперь начнется многомесячный обратный путь. Можно коротать его, изучая снимки, составляя отчеты, раздумывая над загадками, которые возникли во время нашей экспедиции.

Следующий шаг — высадка на спутник Марса. У Марса их два, и оба крошечные: один — 8 *км* в диаметре, другой — 15 *км*. Спутники эти довольно близки к Марсу. Один из них находится на высоте 6000 *км* над поверхностью планеты. Расположившись на нем, можно будет не торопясь заняться исследованиями. Но работать на этом спутнике придется с большой осторожностью. Ведь сила тяжести там ничтожна. Сильный прыжок может сбросить вас с этой миниатюрной «луны» и превратить в третий спутник Марса.

Вслед за Марсом на очереди — Венера. «Колодец» Венеры глубже; чтобы спуститься в него, нужно построить еще более совершенный аппарат. Предварительно облететь вокруг нее, может быть, и нет смысла, потому что она окутана плотной атмосферой, сквозь которую все равно ничего нельзя разобрать. Разве только удастся произвести съемку в инфракрасных лучах. Спутников у Венеры нет. Если понадобится, ракета сама может стать на некоторое время ее искусственным спутником.

Но придет час, и новая, более совершенная ракета проникнет в плотные облака этой планеты. Перед глазами путешественников предстанет еще один мир. Что увидят они под густыми облаками? Вечный полумрак или жаркий день, сухие пустыни или заросшие болота, кипящие океаны или теплые моря? К сожалению, сегодня мы пока слишком мало знаем о Венере. Может быть, мы найдем на этой планете жизнь.

Вслед за Венерой нам предстоит осмотреть Меркурий. Однако едва ли это путешествие будет очень приятным. Ведь Меркурий в два с половиной раза ближе к Солнцу, чем Земля, и получает в семь раз больше тепла. Одна половина его обращена к Солнцу, там могут плавиться некоторые металлы, а на другой стороне — вечный холод.

Список межпланетных маршрутов далеко не исчерпан. Предстоит еще опасный полет в пояс астероидов, где имеется множество малых планет, диаметром в сотни, десятки километров и меньше.

Предстоят далекие многолетние полеты в область вечной тьмы и холода, к планетам-гигантам — Юпитеру и Сатурну. Возможно, люди не захотят посетить эти мрачные миры, окутанные ядовитыми газами, удовлетворятся изучением этих планет с их спутников. Среди последних есть достаточно крупные небесные тела — размером с Луну и даже гораздо больше. Спутники Юпитера Ганимед и Каллисто, спутник Сатурна Титан, а также спутник Нептуна Тритон по размерам даже больше Меркурия.

И, наконец, в далекой перспективе, посетив «ледяные» планеты Уран, Нептун и Плутон, человечество выйдет к границам солнечной системы.

ПУТЬ В БЕСКОНЕЧНОСТЬ

Вот и границы солнечной системы. Впереди черные межзвездные просторы. Протяженность их трудно представить себе, так она велика.

Вы уже знаете, что космические расстояния выражают иногда в световых годах. Напоминаем вам, что световой год — это путь, который свет проходит за год.

От Земли до Луны расстояние несколько больше одной световой секунды. До Марса — не менее трех световых минут, до Солнца свет идет восемь минут, до Юпитера — полчаса. До далекого Нептуна — четыре световых часа. Но до ближайшей к нам звезды — альфы Центавра — четыре с лишним световых года.

Может быть, человек никогда не вырвется за пределы солнечной системы и не стоит мечтать о полетах к звездам? Однако и сейчас есть немало людей, которые уже раздумывают, как же все-таки победить пространство и время.

Проблема сводится к скоростям. 11 *км/сек* достаточно для полета на Луну. Для межзвездных полетов нужны колоссальные скорости — 200—300 тыс. *км/сек*. Ни химическое топливо, ни атомный подогреватель, ни распад урана, ни термоядерная реакция, как в водородной бомбе, не дают достаточного количества энергии для таких скоростей. Только полное превращение вещества в лучи сможет обеспечить скорости для путешествий к звездам.

Это дело отдаленного будущего. Сейчас только в лабораториях ученые наблюдают такое превращение вещества в отдельные частицы и делают теоретические расчеты для создания лучевой ракеты.

Но даже на самой совершенной лучевой ракете (ее уже называют фотонной ракетой) путешествие на ближайшую звезду и обратно продлится более восьми лет.

Теоретически фотонная ракета позволит достигнуть в течение одной жизни человека бли-

жайших звезд. Среди них альфа Центавра, о которой упоминалось. На самом деле это не одна звезда, а два «солнца», примерно таких, как наше. Недалеко от них находится и третье — тусклое, красноватое, «прохладное» солнышко — Проксима («ближайшая») Центавра.

Можно будет отправиться на фотонной ракете к звезде Барнарда — до нее 6 световых лет. Это одинокое довольно тусклое «солнце». На очереди будет Сириус. Расстояние от Земли до него 8,7 светового года. Сириус — это два «солнца». Одно из них белое, горячее — больше и жарче нашего. Другое — размером с планету Уран и неимоверно плотное — белый карлик.

Интересно посетить звезду 61 Лебедя, до которой 10,9 светового года. Здесь можно будет увидеть два небольших красных «солнца». У одного из них есть спутник — планета, больше нашего гиганта Юпитера.

Можно назвать еще несколько десятков звезд, в том числе Процион — альфу Малого Пса, Альтаир — альфу Орла, до которых можно долететь на фотонной ракете.

Может быть, короткая (по сравнению с космическими сроками) человеческая жизнь окажется тем барьером, который помешает человеку проникнуть в еще более отдаленные глубины Вселенной? Вряд ли! Далекие звезды могут быть исследованы при помощи автоматов, долговечных машин, наподобие нынешних искусственных спутников, только намного совершеннее их.

Возможно, что люди научатся погружаться в искусственный сон и просыпаться через десятки лет или, что приятнее всего, научатся продлевать жизнь человека. А может статься, что человек откроет новые свойства материи, способные изменить наши сегодняшние расчеты.

Все это будет не скоро! У нас есть еще время подумать. Вселенная бесконечна. Но бесконечны и возможности человеческой мысли, безгранично творчество, дерзание, стремление человека познать все тайны природы.

ЧТО МЫ ИЩЕМ НА НЕБЕ

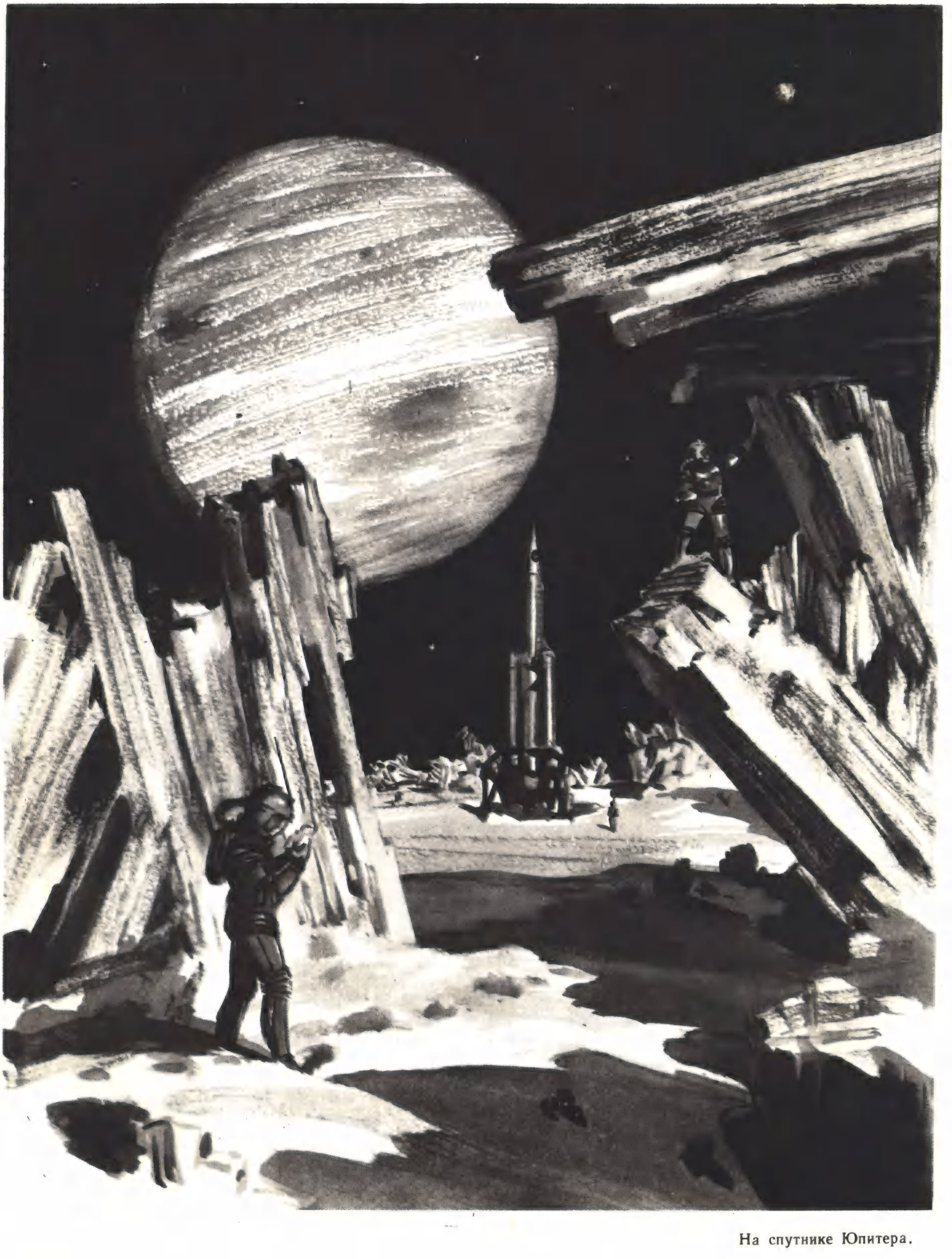
Человечество зародилось на Земле. Люди приспособлены к земному воздуху, земной тяжести, земной пище, земной температуре. Невероятные трудности встанут на пути тех, кто захочет проникнуть туда, где нет воздуха, нет веса, где зной граничит с морозом и летают опасные межпланетные «пули». Но за риск и труды люди будут вознаграждены сторицей.

Любая космическая ракета — это прежде всего лаборатория. Сверхнизкие температуры на Земле создаются с трудом в лабораториях со сложным оборудованием. На космической ракете это не проблема. Нужно только поместить изучаемый материал в тень. Вакуум — то, что называют пустотой,— на Земле мы получаем с величайшим трудом. И все же не удается избавиться от небольшого количества газа. В межпланетном пространстве сколько угодно вакуума. Все опыты с прохождением тока, света, радиоволн в пустоте имеет смысл проводить за пределами атмосферы. Искусственные спутники или Луна помогут распространению телевидения. Направить короткие волны на спутник или на Луну, там усилить, отразить и передать их на Землю теоретически вполне возможно.

Астрономы недовольны земной атмосферой. Воздух рассеивает и отражает в пространство значительную долю лучей. Свет Солнца, планет и звезд доходит до нас ослабленным. За пределами атмосферы видно гораздо больше звезд, удобнее наблюдать планеты. Поэтому, проникнув в межпланетное пространство, ученые вынесут туда телескопы.

Вырвавшись за пределы Земли, люди узнают миры, непохожие на Землю: с иной природой и иной историей. Они будут больше знать о небе, о строении вещества, о жизни. А чем глубже человечество будет знать природу, тем лучше оно сможет ее использовать для своей жизни на Земле.

В кабине ракеты, когда отсутствует вес.



На спутнике Юпитера.

Выдающиеся астрономы

МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ КАК АСТРОНОМ

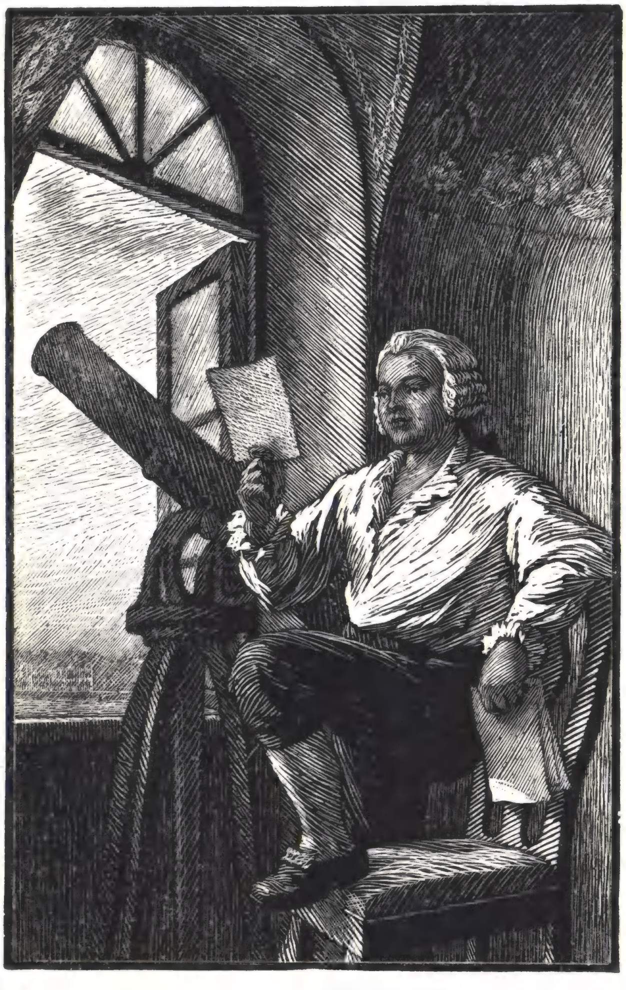
В свое время наблюдения Галилея и других астрономов, уже имевших в своем распоряжении телескопы, подтвердили, что планеты, подобно Земле, имеют шарообразную форму. Но сходны ли другие планеты с Землей по своему физическому устройству, есть ли хотя бы на одной из них атмосфера, подобная земной, — это долго оставалось неизвестным. Великий русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов в начале второй половины XVIII в. доказал, что на Венере — одной из планет нашей солнечной системы — существует атмосфера, повидимому более плотная, чем атмосфера Земли.

Свое замечательное открытие Ломоносов сделал в 1761 г., наблюдая прохождение Венеры между Землей и Солнцем. Это очень редкое явление наблюдали ученые многих стран, специально организовавшие для этого далекие экспедиции. Такие наблюдения Венеры давали возможность уточнить величину расстояния от Земли до Солнца. Но только Ломоносов, у себя дома, в Петербурге, наблюдая в небольшую трубу, сделал великое открытие, что на Венере есть атмосфера. Одного этого открытия было бы достаточно, чтобы имя Ломоносова сохранилось в веках. Ломоносов был основоположником многих отраслей знаний, он много сделал для развития и физики, и химии, и геологии, и мине-

ралогии. В то же время он был выдающимся поэтом, историком, филологом и крупнейшим астрономом своего времени.

Во времена Ломоносова учение Коперника, признанное всеми передовыми учеными, вызывало еще бешеное сопротивление со стороны русской церкви. В начале XVIII в. Петр I, убежденный сторонник учения Коперника, много сделал для его распространения в нашей стране, не считаясь с сопротивлением церковных изуверов и отсталых людей. Но после смерти Петра I влияние церкви вновь усилилось.

Ломоносов — один из передовых ученых своего времени — всю жизнь неустанно боролся против религии за торжество науки, против отсталости и невежества. Он утверждал, что Вселенная бесконечна, что обитаемых миров в ней тоже бесконечное множество, что как наша Земля, так и все существующее в природе не всегда было таким, каким мы его видим сейчас, что все в природе изменяется. Он остроумно высмеивал в стихах мракобесов, продолжавших отстаивать ложное учение о неподвижной Земле, якобы покоящейся в центре мира. Ломоносов пропагандировал книги, излагавшие учение Коперника, и стремился к самому широкому распространению в народе правильных представлений об устройстве Вселенной.



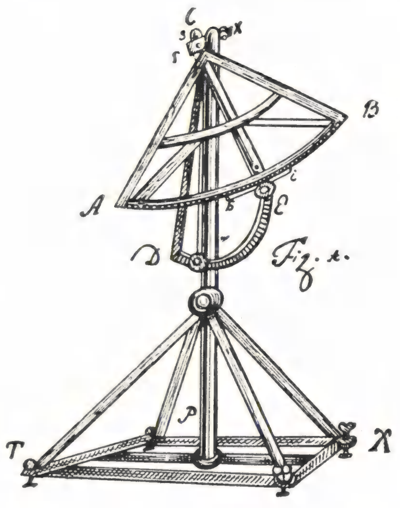
М. В. Ломоносов ведет астрономические наблюдения.
(Гравюра В. Н. Ростовцева.)

Ломоносов был не только великим ученым, но и великим патриотом. В науке он видел могучую силу для улучшения жизни народа. Ломоносов прекрасно понимал, какое значение имеет мореплавание для нашей огромной страны с ее большой морской границей. А для того, чтобы правильно вести корабль в далеком морском путешествии и не заблудиться в безбрежном океане, необходима астрономия: нужно точно знать широту и долготу тех мест, где проходит корабль. Поэтому Ломоносов проявлял особый интерес и изобретательность в создании таких приборов, которые помогали бы морякам как можно лучше ориентироваться в пути по наблюдениям звезд и с наибольшей точностью определять время. Много внимания уделял он обучению наших моряков, в особенности штурманов, вооружению их необходимыми в морском деле астрономическими знаниями. В помощь морякам Ломоносов изобрел «ночезрительную трубу», в которую можно было наблюдать за кораблями и скалами на море в ночное время. Тогда это изобретение не вошло в обиход. И только в нашу эпоху стали применяться «ночезрительные бинокли»: при их помощи можно следить за движением самолетов и различными явлениями на небе ночью.

Стремясь вооружить астрономов лучшим инструментом для проникновения в глубь Вселенной, Ломоносов создал новый тип отражательного телескопа-рефлектора. У применявшихся в то время телескопов-рефлекторов, изобретенных Исааком Ньютоном, было два зеркала. Второе зеркало, устанавливавшееся с наклоном, предназначалось для более удобного рассматривания изображений, но яркость изображения при этом терялась. В телескопе Ломоносова было только одно зеркало, расположенное с наклоном, — оно давало более яркое изображение предмета, потому что свет не терялся, как при отражении от второго зеркала.

Можно сказать, что не было ни одной волнующей загадки в науке о Вселенной того време-

ни, к решению которой не привлечено было бы внимание Ломоносова. Загадкой была в его время физическая природа Солнца. Далеко опережая современную ему науку, Ломоносов первым из ученых разгадал, что поверхность Солнца представляет собой бушующий огненный океан, в котором даже «камни, как вода, кипят». Загадкой во времена Ломоносова была и природа комет. Ломоносов высказал смелую мысль, что хвосты комет образуются под действием электрических сил, исходящих от Солнца. Позднее было выяснено, что в образовании хвостов комет действительно участвуют солнечные лучи.



Астрономический прибор Ломоносова.
(Рисунок М. В. Ломоносова.)

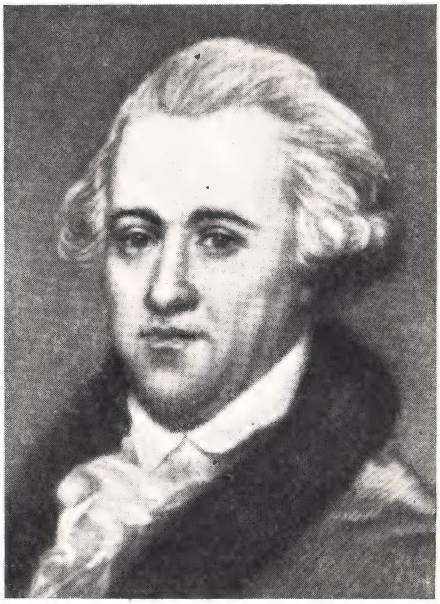
В последние годы жизни Ломоносов вплотную подошел к решению таких вопросов, как определение блеска звезд при помощи прибора, над изобретением которого он работал, и точное определение расстояний до звезд. В то время сила видимого блеска звезд определялась без специальных приборов, грубо приближенно. Передовые ученые уже знали, что расстояния до звезд по сравнению с расстоянием до Солнца и до других планет непомерно велики, но точному определению они не поддавались. Ломоносов был близок к решению и этих вопросов, таких важных для раскрытия тайн Вселенной, но смерть помешала ему довести эти свои исследования до конца.

До Ломоносова, в его время и даже долго после него астрономы занимались изучением только формы и движения небесных тел. Ломоносов был одним из первых астрономов, поставивших задачу постигнуть подлинную физическую природу далеких небесных тел — Солнца, планет, комет, бесконечно далеких звезд. Никто не заботился так, как Ломоносов, о практическом применении астрономии. Михаил Васильевич Ломоносов по справедливости считается одним из крупнейших астрономов своего времени и одним из предшественников выдающихся русских астрономов — Струве, Бредихина, Белопольского и других.

ВИЛЬЯМ ГЕРШЕЛЬ

XVII век ознаменован блестящими успехами в астрономии, связанными с открытиями Галилея, Кеплера, Гюйгенса, Гевелия, Ньютона и других выдающихся астрономов. Но и на рубеже XVII и XVIII вв. астрономия ограничивалась знаниями о солнечной системе. О природе звезд, о расстояниях между ними, об их распределении в пространстве еще ничего не было известно. Первые открытия в этом направлении были сделаны в начале XVIII в. Английский астроном Э. Галлей (1656—1742) обнаружил собственное движение сначала у трех звезд, а потом оно было открыто и у многих других звезд. Его соотечественник — астроном Дж. Брадлей (1693—1762) хотя и потерпел неудачу в попытках точно измерить расстояния до звезд, но пришел к правильному выводу, что даже ближайшие звезды отстоят от нас не менее чем на десятки триллионов километров. В середине XVIII в. и в начале второй его половины англичанин Т. Райт (1711—1786) и немецкие ученые И. Кант (1724—1804) и И. Ламберт (1728—1777) впервые высказали предположения, что Млечный Путь — не случайное собрание звезд, а целостная система, в которой движения звезд совершаются вокруг общего центра притяжения (таким центром будто бы является исполинское «центральное Солнце»). Все это были догадки — смелые и для своего времени ценные, а подкрепить их данными наблюдений было невозможно. Телескопы, имевшиеся в распоряжении астрономов, были для этого еще слишком слабы.

Первые попытки глубже проникнуть в тайну строения звездной Вселенной путем тщательных наблюдений при помощи возможно более сильных телескопов связаны с именем знаменитого астронома В. Гершеля (1738—1822).



Вильям Гершель.

Вильям Гершель родился и вырос в Ганновере (Германия) в семье военного музыканта, и сам проявил выдающиеся способности в музыке. В возрасте 19 лет он переехал в Англию и здесь приобрел известность в качестве музыканта-педагога. Но музыка была только профессией, а не главным его призванием. Все свое свободное время Гершель посвящал изучению астрономии и тех наук, без которых нельзя стать астрономом,— математики и физики.

Однако это было только скромным началом в научном развитии Гершеля. Он обнаружил незаурядные способности в конструировании и изготовлении астрономических инструментов и в особенности телескопов-рефлекторов, для которых Гершель сам шлифовал зеркала за неимением средств для их покупки. Сперва он изготовил небольшой телескоп с трубой длиной всего 2,1 *м*. Потом Гершель изготовлял телескопы все бóльших и бóльших размеров. Вершиной его достижений был построенный в 1789 г. телескоп — гигант по тому времени, с трубой длиной 12 *м* и зеркалом диаметром 122 *см*. Этот телескоп оставался непревзойденным до 1845 г., когда ирландский астроном В. Парсонс (1800—1867) построил еще больший телескоп — длиной почти 18 *м* и с зеркалом диаметром 183 *см*.

Уже с 1775 г., пользуясь инструментами значительно меньших размеров, Гершель начал проводить систематические обозрения неба. В 1781 г. он открыл новое светило, которое вначале ошибочно принял за комету. Но, как доказал в том же году петербургский астроном академик А. И. Лексель, это была новая планета — Уран. Позднее Гершель открыл два спутника Урана и два спутника Сатурна. Таким образом, с именем Гершеля связано открытие нескольких небесных тел в солнечной системе. Но не в этом главное значение его деятельности.

И до Гершеля было известно несколько десятков двойных звезд. Но такие звездные пáры рассматривались как случайные сближения составляющих их звезд и не предполагалось, что двойные звезды широко распространены во Вселенной. Гершель тщательно исследовал разные участки неба на протяжении многих лет и открыл свыше 400 двойных звезд. Он исследовал расстояния между составляющими (в угловых мерах), их цвет и видимый блеск. В отдельных случаях звезды, считавшиеся ранее двойными, оказывались тройными и четверными (кратные звезды). Гершель пришел к выводу, что двойные и кратные звезды — это системы звезд, физически связанных между собой и, как он убедился, обращающихся вокруг общего центра тяжести, согласно закону всемирного тяготения. Гершель был первым в истории науки астрономом, систематически исследовавшим двойные звезды.

С давних времен были известны яркая туманность в созвездии Ориона, а также туманность в созвездии Андромеды, видимые невооруженным глазом. Но только в XVIII в. по мере совершенствования телескопов было открыто много туманностей. Кант и Ламберт считали, что туманности — это целые звездные системы, другие Млечные Пути, но удаленные на колоссальные расстояния, на которых не могут быть различимы отдельные звезды.

Гершель проделал огромную работу, открывая и изучая новые туманности. Он использовал для этого все увеличивающуюся силу своих телескопов. Достаточно сказать, что составленные им на основе его наблюдений каталоги насчитывают около 2500 туманностей. Задачей Гершеля было, однако, не просто отыскание туманностей, а раскрытие их природы. В его мощные телескопы многие туманности отчетливо разделялись на отдельные звезды и оказывались, таким образом, далекими от солнечной системы звездными скоплениями. В некоторых случаях туманность оказывалась звездой, окруженной туманным кольцом. Но другие туманности не разделялись на звезды даже при помощи самого мощного — 122-сантиметрового телескопа.

Сперва Гершель заключил, что почти все туманности в действительности являются собраниями звезд и самые дальние из них также разложатся на звезды в будущем — при наблю-

дениях в еще более мощные телескопы. При этом он допускал, что некоторые из этих туманностей представляют собой не звездные скопления в пределах Млечного Пути, а самостоятельные звездные системы. Дальнейшие исследования заставили Гершеля углубить и дополнить свои взгляды. Мир туманностей оказывался более сложным и многообразным, чем это ранее можно было предполагать.

Продолжая неутомимо наблюдать и размышлять, Гершель признал, что многие из наблюдаемых туманностей вообще нельзя разложить на звезды, так как они состоят из гораздо более разреженного вещества («светящейся жидкости», как думал Гершель), чем звезды.

Таким образом, Гершель пришел к выводу, что туманное вещество, как и звезды, широко распространено во Вселенной. Естественно, возникал вопрос о роли этого вещества во Вселенной, о том, не является ли оно материалом, из которого возникли звезды. Еще в 1755 г. И. Кант выдвинул гипотезу об образовании целых звездных систем из первоначально существовавшего рассеянного вещества. Гершель высказал смелую мысль, что различные виды неразложимых туманностей представляют собой разные стадии образования звезд. Путем уплотнения туманности из нее постепенно образуется либо целое скопление звезд, либо одна звезда, которая в начале своего существования еще окружена туманной оболочкой. Если Кант считал, что все звезды Млечного Пути когда-то образовались одновременно, то Гершель впервые предположил, что звезды имеют разный возраст и образование звезд продолжается непрерывно; оно происходит и в наше время.

Эта идея Гершеля была потом забыта, и ошибочное мнение о единовременном происхождении всех звезд в далеком прошлом долго господствовало в науке. Только в последнее десятилетие на основе огромных успехов астрономии XX в. и в особенности трудов советских ученых установлено различие возраста звезд. Изучены целые классы звезд, бесспорно существующих немногие миллионы лет, в отличие от других звезд, возраст которых определяется миллиардами лет. Взгляды Гершеля на природу туманностей в общих чертах подтверждены современной наукой, установившей, что газовые и пылевые туманности широко распространены в нашей и в других галактиках. Природа этих туманностей оказалась еще сложнее, чем это мог предполагать Гершель.

Вместе с тем Гершель и в конце жизни был убежден, что некоторые туманности являются далекими звездными системами, которые со временем будут разложены на отдельные звезды. И в этом он, так же как Кант и Ламберт, оказался прав.

Как уже было сказано, в XVIII в. было обнаружено собственное движение многих звезд. Гершелю путем расчетов удалось в 1783 г. убедительно доказать, что и наша солнечная система движется по направлению к созвездию Геркулеса.

Но главной своей задачей Гершель считал выяснение строения звездной системы Млечного Пути, или нашей Галактики, ее формы и размеров. Этим он занимался несколько десятилетий. В его распоряжении не было тогда данных ни о расстояниях между звездами, ни об их размещении в пространстве, ни об их размерах и светимости. Не имея этих данных, Гершель предположил, что все звезды имеют одинаковую светимость и распределены в пространстве равномерно, так что расстояния между ними более или менее одинаковы, а Солнце находится около центра системы. При этом Гершель не знал явления поглощения света в мировом пространстве и считал, кроме того, что его телескопу-гиганту доступны и даже самые далекие звезды Млечного Пути. С помощью этого телескопа он производил подсчеты звезд в различных участках неба и пытался определить, как далеко в том или ином направлении простирается наша звездная система.

Но исходные предположения Гершеля были ошибочны. Мы знаем теперь, что звезды различаются между собой по светимости и что распределены они в Галактике неравномерно. Галактика настолько велика, что границы ее не были доступны даже телескопу-гиганту Гершеля. Поэтому он не мог прийти к правильным выводам о форме Галактики и о положении в ней Солнца, а размеры ее он сильно преуменьшил. Позже, в 40-х годах XIX в., В. Я. Струве правильнее подошел к решению этих вопросов. Но Струве справедливо расценил Гершеля как своего предшественника, как первого астронома, который смело поставил перед собой такую сложную задачу.

Гершель занимался и другими вопросами астрономии. Между прочим, он разгадал сложную природу солнечного излучения и сделал вывод, что в состав его входят световые, тепловые и химические лучи (излучение, не воспринимаемое глазом). Иначе говоря, Гершель предвосхитил открытие лучей, выходящих за пределы обычного солнечного спектра,— инфракрасных и ультрафиолетовых.

Гершель начал свою научную деятельность как скромный любитель, имевший возможность посвятить астрономии только свое свободное время. Преподавание музыки долго оставалось для него источником средств к существованию. Только в пожилом возрасте он приобрел материальные возможности для занятий наукой. Свое увлечение астрономией Гершель сумел передать своим родным и близким. Его сестра Каролина Гершель (1750—1848) много помогала ему в научных работах. Она сама вела наблюдения неба и открыла несколько комет. Его сын Джон Гершель (1792—1871) был одним из наиболее выдающихся английских астрономов XIX в. Его популярная книга «Очерки астрономии» была переведена на русский язык и сыграла большую роль в распространении астрономических знаний в нашей стране.

ПЬЕР СИМОН ЛАПЛАС

В истории науки о Вселенной XVIII столетие — это век развития математической астрономии. Законы Кеплера и закон всемирного тяготения Ньютона, установленные еще в предшествующем веке, стали основой астрономии как науки. Стало незыблемой истиной, что планеты обращаются вокруг Солнца и спутники планет движутся приблизительно по эллиптическим орбитам, в соответствии с законом всемирного тяготения.

Однако астрономические наблюдения показывали, что движение тел солнечной системы — планет и их спутников, в том числе Луны, спутника Земли,— в действительности гораздо сложнее, чем это должно бы быть согласно законам Кеплера. Каждое тело солнечной системы, обращаясь вокруг своего центра притяжения (каким является Солнце для планет, Земля для Луны или иная планета для своих спутников), испытывает не только могучее притяжение Солнца — властелина всей системы,— но и притяжение всех других тел той же системы. Таким образом, в движении каждого из этих тел обнаруживаются «возмущения» — отклонения от движения, точно соответствующего законам Кеплера.

Уже в первой и в начале второй половины XVIII в. великие математики — русский академик, швейцарец по происхождению, Эйлер (1707—1783) и французы Клеро (1713—1765) и д'Аламбер (1717—1783) — разработали теорию сложного движения Луны. Они же исследовали движение некоторых планет и создали новые способы учета возмущений. Такую же работу осуществил во второй половине века великий французский математик Лагранж (1736—1813). Было необходимо распространить эти исследования на солнечную систему в целом и показать, что движения всех тел этой системы при очень большой их сложности подчиняются общим закономерностям, в основе которых незыблемо лежит закон тяготения. Эту задачу решил великий французский математик и астроном Пьер Симон Лаплас (1749—1827).

Лаплас был уроженцем Нормандии — области на северо-западе Франции. Он был сыном крестьянина-фермера, и ему с большим трудом удалось получить элементарное образование. Но Лапласа неодолимо влекло к точным наукам; он самостоятельно изучил математику, механику, астрономию. Его научные интересы с самого начала сосредоточились на небесной механике, призванной объяснить все наблюдаемые закономерности в движениях тел солнечной системы. Уже первые работы юного Лапласа в этом направлении принесли ему известность в ученом мире. Переехав в Париж, Лаплас всю свою долгую жизнь посвятил занятиям наукой в избранном им направлении.

Венцом научной деятельности Лапласа был его бессмертный труд «Трактат о небесной механике», вышедший в пяти томах в 1798—1825 гг.

В этом труде, связанном со сложнейшими математическими расчетами, Лаплас показал, что, как ни сложны и, казалось бы, запутанны движения тел солнечной системы, какие бы ни обнаруживались в них отклонения в виде всякого рода возмущений, они связаны едиными и непреложными математическими закономерностями, вытекающими из закона тяготения Ньютона. Лаплас подробно исследовал возмущения в движениях Луны, Юпитера и Сатурна и дал им научное объяснение. Он показал, что солнечная система является очень устойчивым образованием: со времени ее возникновения движения входящих в нее тел соверша-

ются лишь с небольшими изменениями, и так они будут совершаться и дальше, в течение миллионов и миллиардов лет. Нет в природе таких сил, которые могли бы разрушить солнечную систему и изменить закономерность движений входящих в нее небесных тел, в том числе и Земли.

Лаплас был не только великим исследователем-математиком, но и блестящим писателем-популяризатором. Все то, что в его время было известно о строении солнечной системы, включая и его собственные исследования, он описал в популярной книге «Изложение системы мира», изданной в 1796 г. и пользовавшейся широкой известностью. В этом труде Лаплас изложил и свои взгляды на происхождение солнечной системы.

До середины XVIII в. в науке господствовало мнение, что Земля и все небесные тела — словом, природа, с тех пор как она возникла, существует в раз навсегда данном виде, без каких-либо изменений. В середине века великий русский ученый М. В. Ломоносов и немецкий ученый И. Кант впервые четко высказали мысль об изменяемости природы. Во Вселенной нет ничего неизменного. Солнце, Земля, планеты, все другие небесные тела когда-то возникли из каких-то иных форм вещества и с тех пор непрерывно развиваются и изменяются. И возникли они миллионы, может быть многие миллиарды, лет назад, а не несколько тысяч лет назад, как утверждалось в религиозных легендах.

Пьер Симон Лаплас.

В частности, Кант выдвинул гипотезу образования звезд с окружающими их планетами и целых звездных систем из рассеянной материи, некогда заполнявшей всю бесконечную Вселенную. Кант не был математиком и обосновать свою гипотезу какими-либо расчетами не мог. Книга, в которой были изложены его взгляды на строение Вселенной, не получила в свое время широкого распространения.

Лаплас, не зная о труде Канта, совершенно самостоятельно разработал свою гипотезу (она с тех пор называется космогонической гипотезой Лапласа). В отличие от Канта, Лаплас хотел выяснить происхождение не звездных систем вообще, а именно солнечной системы. Но так как Солнце — одна из звезд, то он полагал, что и другие звезды и окружающие их планеты произошли таким же образом.

По гипотезе Лапласа, солнечная система образовалась из первичной туманности, состоявшей из раскаленного газа и простиравшейся далеко за пределы орбиты самой дальней планеты. Вращательное движение охлаждавшейся и сжимавшейся туманности обусловливало ее сплющивание. В процессе этого сплющивания возникала центробежная сила, под влиянием которой от туманности по ее краю отделялись кольца газовой материи, собравшиеся затем в комки и давшие начало планетам и их спутникам.

Лаплас ставил своей задачей создать такую гипотезу происхождения солнечной системы, которая объясняла бы все наблюдаемые в ней явления и закономерности. Для своего времени он блестяще решил эту задачу. Его гипотеза была общепризнанной в науке в течение столетия. К концу XIX в. гипотеза Лапласа пришла в противоречие с вновь открытыми закономерностями в солнечной системе и была оставлена. Но основные мысли Лапласа и Канта — о том, что звезды (в числе их и Солнце) и планеты произошли из рассеянной материи, существующей во Вселенной в виде бесчисленных газовых и пылевых туманностей,— разделяются современной наукой.

Лаплас был одним из величайших ученых своего времени. Он не замыкался в тиши своего кабинета и по мере сил служил своей родине. В годы французской революции он активно участвовал в разработке метрической системы мер и в реформе народного образования.

Лаплас был прежде всего ученым-материалистом. Сохранился рассказ о том, что Наполеон, ознакомившись с трудом Лапласа «Изложение системы мира», спросил у него, почему в этом труде нет упоминания о боге. Лаплас ответил, что он «не нуждался в этой гипотезе». Тем самым Лаплас утверждал, что все явления в природе объясняются законами самой природы и нет никакой необходимости привлекать к объяснению их какие-то божественные силы.

ВАСИЛИЙ ЯКОВЛЕВИЧ СТРУВЕ И ПУЛКОВСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Современная передовая наука достигла больших успехов в изучении глубин Вселенной. Установлено, что наше Солнце входит в грандиозную звездную систему — Галактику, состоящую из 150 млрд. звезд, что Галактика — одна из бесчисленных звездных систем в бесконечной Вселенной.

Наша Галактика, имеющая форму линзы или чечевицы, настолько огромна, что световой луч проходит от одного ее конца до другого за много десятков тысяч лет. Расстояния до других далеких галактик, доступных современным астрономическим инструментам, составляют миллионы, десятки и сотни миллионов световых лет. С каждым годом расширяются границы познанной нами части Вселенной. Эти успехи науки являются завоеванием последних десятилетий; в их достижении советским ученым принадлежит ведущая роль.

Но полтораста лет назад астрономам не были еще известны точные расстояния даже до ближайших звезд. О строении нашей звездной системы ученые еще почти ничего не знали, а предположения о существовании других звездных систем, высказывавшиеся передовыми мыслителями, были только гениальными догадками, подтвердить которые наука была еще не в состоянии.

В конце первой половины XIX в. великий русский астроном Василий Яковлевич Струве (1793—1864) сделал важные открытия, сыгравшие выдающуюся роль в развитии знаний о нашей звездной системе.

Василий Яковлевич родился в немецком городе Альтона и провел в нем свои школьные годы. Пятнадцати лет он поступил в университет в Дерпте (ныне г. Тарту, Эстонской ССР), и с этого времени вся жизнь и деятельность Струве была всецело связана с нашей страной, с нашей наукой, которую он обогатил своими трудами.

Отец и старший брат Василия Яковлевича были педагоги-языковеды; под их влиянием и он вначале избрал себе ту же специальность. Но потом его вниманием всецело завладели точные науки и особенно астрономия.

Блестящая одаренность Струве в соединении с редкой настойчивостью и систематичностью в работе помогли ему очень быстро овладеть новой для него областью знания. Работая на Дерптской университетской обсерватории, Василий Яковлевич научился проводить точные астрономические наблюдения. В 1814 г. он уже издал свое первое астрономическое сочинение о точном определении широты и долготы Дерптской обсерватории, а вскоре стал астрономом-наблюдателем этой обсерватории. В 1818 г., в возрасте 25 лет, Струве стал профессором астрономии и директором Дерптской обсерватории.

В то время обсерватория была очень плохо оборудована, и Василий Яковлевич начал свои работы с самыми скромными инструментами. Но благодаря его стараниям на обсерватории были установлены наилучшие инструменты, в том числе рефрактор с объективом в 9 дюймов[1] — в то время самый лучший в мире.

В Дерптской обсерватории Струве провел поистине гигантскую работу по исследованию двойных звезд (см. стр. 417). В то время изучение звездных пар имело в астрономии особенно важное значение. Изучение движений звезд, входящих в пары, давало возможность определить их орбиты и установить, что их движения

[1] Дюйм равен 2,5 *см*.

по орбитам происходят в согласии с законом всемирного тяготения. Это означало, что закон тяготения действует не только в нашей солнечной системе, но и в далеких глубинах мирового пространства.

Исследование Струве давало возможность также «взвесить» звезды, входящие в пары, определить их массы. При этом оказалось, что двойных звезд очень много.

Работая упорно и систематически, Василий Яковлевич исследовал 120 000 звезд и установил «двойственность» около 2500 из них. С величайшей тщательностью он измерял угловые расстояния между звездами, входящими в пары, и определял их точное положение на небе. Уже это было крупнейшим вкладом в науку. До Струве было известно не более 500 двойных звезд, открытых и изученных преимущественно выдающимся английским астрономом Вильямом Гершелем (см. стр. 467).

В. Я. Струве.

В свое время Коперник указал на огромные расстояния до звезд, в сравнении с которыми ничтожно малы размеры солнечной системы. В конце первой половины XVIII в. исследования выдающегося английского астронома Дж. Брадлея и немецкого ученого И. Ламберта привели к бесспорному выводу, что расстояния даже до ближайших звезд измеряются десятками триллионов километров. Но попытки астрономов точно определить эти расстояния не имели успеха. Накопив огромный опыт точных наблюдений, Василий Яковлевич решил задачу, которая до него оставалась непреодолимой: в 1837 г. он определил расстояние до звезды Вега, положив этим начало точному определению звездных расстояний.

Расстояние до Веги, по Струве, оказалось равным 250 триллионам *км*, или 26,5 световым годам (см. стр. 414), что примерно в 90 000 раз превышает расстояние от Солнца до Урана — самой далекой из известных тогда планет. Подавляющее же большинство звезд находится гораздо дальше, чем Вега. Работа Струве убедительно показала могущество науки и открыла неограниченные перспективы дальнейшего проникновения в глубь Вселенной.

Вслед за Струве выдающийся немецкий астроном Бессель (1784—1846) измерил расстояние до звезды 61 в созвездии Лебедя, а английский астроном Гендерсон (1798—1844) — расстояние до звезды альфа Центавра, оказавшейся ближе других (4,3 светового года). Так было положено начало точным определениям расстояний до звезд.

Уже наблюдения двойных звезд создали Василию Яковлевичу славу крупнейшего астронома. В 1832 г. он был избран академиком русской Академии наук, но продолжал работать в Дерпте, потому что в Петербурге тогда не было хорошей обсерватории.

Когда было принято решение об устройстве большой обсерватории в окрестностях Петербурга, Василий Яковлевич, как самый выдающийся русский астроном, был привлечен к этому делу. Он стал организатором и руководителем строительства Пулковской обсерватории, а затем ее первым директором. Обсерватория была открыта в 1839 г. и оборудована лучшими по тому времени инструментами. Струве разработал план работы обсерватории на многие годы. Почти четверть века он был ее директором, под его руководством она стала лучшей из обсерваторий — «астрономической столицей мира».

Кипучая организаторская работа не помешала Струве проводить научные исследования. В Пулкове он продолжал работы по изучению двойных звезд и начал исследование строения нашей звездной системы — Галактики. До Струве только Гершель занимался этим вопросом. Им были сделаны первые предположения о форме и размерах Млечного Пути, о распределении в нем звезд и о положении Солнца. Но эти предположения были еще очень далеки от действительности, а исследования Струве имели выдающееся значение. Изучая распределение звезд в Галактике, Василий Яковлевич сделал важнейшее открытие: он установил, что звезды располагаются в Галактике неравномерно: чем дальше от центра Галактики,

тем больше расстояния между звездами. При этом Солнце находится не вблизи центра Галактики, как думали некоторые ученые, а, наоборот, очень далеко от центра.

Одновременно Струве указал на существование в нашей звездной системе облаков темного рассеянного вещества, ослабляющих свет находящихся за ним звезд. Он сделал первые попытки определить величину этого ослабления света. Наличием межзвездного вещества Василий Яковлевич объяснял то обстоятельство, что до нас не доходит свет от множества слабых звезд, расположенных в глубинах Галактики.

На протяжении многих десятилетий после Струве астрономы обсуждали вопрос о существовании поглощения света (или «межзвездного поглощения», как его назвали), и только в 1930 г. существование его было окончательно подтверждено.

Таким образом, почти сто лет назад Василий Яковлевич, опережая свою эпоху, глубоко и продуманно решил основные вопросы звездной астрономии о распределении звезд в Галактике и о межзвездном поглощении света.

Струве был не только непревзойденным исследователем неба. Как передовой ученый и патриот он использовал свои знания и организаторский талант для решения очень важных практических задач, связанных с картографией нашей страны.

Еще в 20-х годах прошлого века под руководством Василия Яковлевича было проведено измерение дуги земного меридиана в Прибалтике, а в 1844—1852 гг. он руководил грандиозным мероприятием — измерением дуги меридиана на огромном пространстве от Дуная до Ледовитого океана, общим протяжением более 2800 *км*. К участию в этой работе он привлек лучших русских астрономов и геодезистов. Результаты такой коллективной работы дали ценнейшие материалы для составления точных карт России.

Струве был прекрасным педагогом. Еще на Дерптской обсерватории под его руководством работали молодые русские астрономы, командированные к нему из разных университетов. Многие из них потом стали крупными учеными.

Позднее, в Пулкове, Василий Яковлевич был неизменным руководителем сотрудников обсерватории и многочисленных русских и иностранных астрономов, приезжавших в Пулково для усовершенствования.

Всю жизнь Струве работал на пользу науки и нашей Родины, и только тяжелая болезнь заставила его в 1861 г. отказаться от руководства Пулковской обсерваторией.

Научная деятельность Василия Яковлевича была необычайно плодотворна. Своими исследованиями двойных звезд и строения нашей Галактики он оказал огромное влияние на развитие русской и мировой астрономии. В историю науки он вошел как один из самых выдающихся астрономов XIX в.

Лучшим памятником Струве является созданная им Пулковская обсерватория. Ее история — одна из самых ярких страниц истории астрономии XIX и XX вв.

Созданная для разработки звездной астрономии, обсерватория внесла выдающийся вклад в эту область науки. Составленные ее астрономами звездные каталоги по своей точности превзошли все каталоги других обсерваторий. В Пулковской обсерватории не только завершили свое научное образование большинство видных русских ученых-астрономов. Ее посещали для заимствования опыта работы крупнейшие астрономы Европы и Америки. Поэтому Пулковская обсерватория и получила наименование «астрономической столицы мира».

Благодаря заботам В. Я. Струве обсерватория с самого начала была оборудована первоклассными инструментами. При открытии обсерватории на ней был установлен крупнейший и лучший в то время в мире телескоп-рефрактор с объективом диаметром 38 *см*. С ним работал сам В. Я. Струве и другие астрономы.

После В. Я. Струве Пулковской обсерваторией более четверти века руководил его сын, тоже выдающийся астроном, О. В. Струве (1819—1905). При нем в программу обсерватории вошли и астрофизические исследования. Была выстроена астрофизическая лаборатория. К 80-м годам 38-сантиметровый рефрактор уже перестал быть крупнейшим в мире. Его превзошли некоторые американские рефракторы. По инициативе О. В. Струве был построен и установлен в Пулкове новый, 76-сантиметровый рефрактор, не имевший тогда соперников. С этим великолепным инструментом начиная с 90-х годов работал А. А. Белопольский (см. стр. 486).

В 1890—1895 гг. обсерваторией руководил Ф. А. Бредихин (см. стр. 477). При нем не только расширились астрофизические исследования, но были привлечены в Пулково многие молодые русские ученые, ставшие потом выдающимися астрономами. Преемником Бредихина был О. А. Баклунд (1846—1916), известный

русский астроном, швед по происхождению. При нем также продолжалось дальнейшее развитие обсерватории, были основаны ее отделения в Николаеве и в Симеизе.

Но особенно развернулась деятельность обсерватории в советскую эпоху. На обсерватории выросли новые кадры астрономов, были созданы новые инструменты, выполнялись важнейшие исследования по всем отраслям астрономии.

После нападения в 1941 г. фашистской Германии на Советский Союз в результате варварского артиллерийского обстрела всемирно известная Пулковская обсерватория была разрушена до основания. Но сама Пулковская гора, у которой проходил рубеж обороны Ленинграда, не была отдана врагу. В начале 1944 г. у Пулкова начался разгром немецко-фашистских войск под Ленинградом.

Коммунистическая партия и Советское правительство поставили задачу восстановить Пулковскую обсерваторию, как научное учреждение мирового значения. Эта задача была решена в послевоенные годы. Вновь выстроенная по проекту выдающегося архитектора А. В. Щусева, обсерватория опять стала астрономической столицей мира. Советская оптико-механическая промышленность оснастила ее мощными инструментами и аппаратами новых, совершенных конструкций для астрофизических, радиоастрономических и иных исследований.

Состоявшееся 21 мая 1954 г. торжественное открытие восстановленной обсерватории было праздником не только советской, но и мировой науки. Представители 17 государств прибыли на торжество и приветствовали возрожденное Пулково. Сейчас на обсерватории ведутся научные исследования по всем отраслям астрономии. Пулковская обсерватория ведет работу в тесном содружестве с другими советскими и иностранными обсерваториями, что способствует укреплению мирного творческого сотрудничества ученых многих стран.

МАРИАН АЛЬБЕРТОВИЧ КОВАЛЬСКИЙ

Среди русских астрономов, обогативших своими трудами науку о Вселенной, выдающееся место занимает Мариан Альбертович Ковальский (1821—1884). До недавнего времени имя Ковальского было мало известно широкому кругу читателей. Только в советскую эпоху установлено первенство Ковальского в решении вопросов, имевших большое значение в истории астрономии.

Мариан Альбертович, поляк по происхождению, был сыном мелкого чиновника, рос в тяжелых материальных условиях и поэтому с большим трудом смог пробить себе дорогу к образованию. Сильная воля, настойчивость в преодолении трудностей были отличительными чертами Ковальского. Став ученым, он смело выбирал самые трудные вопросы науки и успешно решал их.

Еще студентом Петербургского университета Мариан Альбертович заинтересовался астрономией. Окончив в 1845 г. университет, он работал на Пулковской обсерватории, совершенствуясь в астрономических наблюдениях и вычислениях под руководством знаменитого русского астронома В. Я. Струве (см. стр. 472). Когда в 1847 г. незадолго перед тем образовавшееся Русское географическое общество снарядило большую экспедицию для исследования Полярного Урала, Ковальский по предложению Струве был включен в состав этой экспедиции в качестве астронома.

В то время — свыше ста лет назад — огромная территория Полярного Урала была совершенно не исследована. Путь экспедиции лежал через труднопроходимые горы и дремучие леса. До этой экспедиции на всем Полярном Урале были определены координаты только одного географического пункта, а остальная территория была «белым пятном» на карте. Астроному экспедиции предстояла огромная работа по определению долготы, широты и высоты над уровнем моря возможно большего числа географических пунктов.

Здесь-то и проявилась удивительная работоспособность Ковальского. Совершая труднейшие переходы — пешком и на лыжах, в сорокаградусные морозы и во время сильных ветров, — он определил координаты около 200 географических пунктов, одновременно ведя метеорологические и магнитные наблюдения.

В отчете о своей работе в экспедиции Мариан Альбертович рассказал, какое удовлетворение

М. А. Ковальский во время Северо-Уральской экспедиции.
(Гравюра Л. А. Кравченко.)

от своего труда получает ученый, который смело идет к цели, побеждая препятствия, иной раз «наперекор природе».

Так в самом начале деятельности Мариан Альбертович проявил себя и как талантливый астроном и как путешественник-исследователь.

В 1850 г. Ковальский был приглашен на должность профессора астрономии в Казанский университет, с которым он затем не расставался до самой смерти.

Обладая блестящими математическими способностями, Мариан Альбертович сосредоточил свое внимание на вопросах теоретической астрономии, изучающей движение небесных тел под действием силы тяготения.

В 1846 г. была открыта новая планета — Нептун. Необходимо было достаточно точно определить ее орбиту, иначе вновь открытая планета могла скоро исчезнуть из поля зрения астрономов, «затеряться» в небе. Это была очень трудная задача, так как нужно было не только определить орбиту Нептуна, но и разработать теорию его движения на долгие годы вперед.

В своем движении вокруг Солнца Нептун, кроме мощного солнечного притяжения, испытывает еще притяжение больших планет — Юпитера, Сатурна, Урана. Большие планеты вызывают неправильности, или, как принято говорить, возмущения, в движении Нептуна, а это сильно затрудняло определение его действительной орбиты. Однако Мариан Альбертович проделал огромную вычислительную работу и создал теорию движения Нептуна.

Но особенное значение имели труды Ковальского по изучению собственных движений звезд. Эти исследования привели его к важнейшим выводам о строении нашей звездной системы — Галактики.

В. Я. Струве в 40-х годах прошлого века установил, что звезды наиболее близко друг к другу располагаются в плоскости Галактики, а по мере приближения к краям звездной системы расстояния между звездами увеличиваются.

На основании изучения движения звезд Ковальский выдвинул и обосновал теорию вращения всей нашей звездной системы вокруг ее центрального звездного сгущения. Он решительно отверг мнение некоторых астрономов о существовании колоссального «центрального Солнца», которое одно своим притяжением управляет движением всех звезд, подобно тому как наше Солнце управляет движением планет и других тел солнечной системы.

Одновременно Мариан Альбертович пришел к выводу, что размеры Галактики гораздо больше, чем думали астрономы в его время.

В этих трудах Ковальский на много десятилетий опередил свое время. Только в 1927 г. голландский ученый Оорт окончательно установил вращение Галактики. Выяснилось, что нет «центрального Солнца», которое управляло бы движением миллиардов звезд в Галактике. Есть звезды-великаны, в миллионы и даже миллиарды раз превышающие Солнце по объему, но вещество в них чрезвычайно разрежено, и по своей массе, а значит, и по силе притяжения они не так уж сильно отличаются от Солнца.

Много труда потратил Мариан Альбертович на разработку новых методов астрономических вычислений.

Определение времени наступления солнечных и лунных затмений, их продолжительности и условий видимости всегда отнимало у астрономов много времени, но редко было достаточно точным. Ковальский разработал новые ме-

тоды предвычисления затмений, требующие гораздо меньше времени и обеспечивающие необходимую точность.

Он разработал новые и более совершенные способы определения орбит двойных звезд, что давало возможность определять массы этих звезд (см. стр. 416).

Мариан Альбертович был не только крупнейшим теоретиком, но и неутомимым наблюдателем. На Казанской обсерватории он много лет определял точные положения звезд избранного им для изучения обширного участка неба. Уже после его смерти был издан каталог определенных им положений более 4200 звезд.

Ковальский был не только ученым, но и прекрасным педагогом. Самые трудные вопросы он излагал в своих лекциях всегда просто и ясно. Это был удивительно трудоспособный и целеустремленный человек, воплощавший в себе все лучшие черты русских ученых, которые в тяжелых условиях царского крепостнического режима смело двигали науку вперед.

В те годы, когда жил и работал Мариан Альбертович, в России не было ни обществ, заботящихся о распространении астрономических знаний, ни астрономических журналов. Поэтому труды Ковальского, печатавшиеся в специальных изданиях, были известны только ученым-астрономам. И только в наше время широкому кругу советских читателей становятся известными научные достижения Мариана Альбертовича Ковальского.

ФЕДОР АЛЕКСАНДРОВИЧ БРЕДИХИН

С древнейших времен люди наблюдали невооруженным глазом не только Солнце, планеты и наиболее яркие звезды, но и кометы.

Неожиданность появления комет с их причудливыми по форме хвостами нарушала привычные представления о «неизменном» состоянии неба и наводила страх на суеверных людей, которые видели в кометах предвестниц грядущих бедствий.

Передовые ученые еще в древности пытались объяснить появление комет и разгадать их природу. Но подлинно научное раскрытие природы комет, объяснение происхождения кометных хвостов и причудливого разнообразия их форм было достигнуто только во второй половине XIX в. благодаря трудам выдающегося русского астронома Ф. А. Бредихина (1831—1904). Федор Александрович явился основоположником астрофизики в нашей стране. Он был не только замечательным ученым, но и учителем многих русских астрономов.

Бредихин родился в г. Николаеве. Он происходил из семьи, давшей нашей стране много отважных моряков, и в юности сам собирался посвятить себя службе на флоте. Но позднее, будучи студентом Московского университета, Федор Александрович серьезно заинтересовался астрономией. Этот интерес особенно усилился, когда он стал посещать Московскую обсерваторию.

Окончив в 1855 г. университет, Бредихин всецело посвятил себя астрономии. В 1857 г. он был уже преподавателем, а с 1863 г.— профессором астрономии Московского университета. Преподавание астрономии в старейшем русском университете он поставил на очень высокий научный уровень. Федор Александрович был одним из тех передовых русских ученых, которые не только развивали науку, но и всячески заботились о распространении научных знаний в народе. Будучи блестящим лектором, Бредихин читал публичные лекции о достижениях астрономии. Эти лекции пользовались большим успехом. Кроме того, Федор Александрович писал популярные статьи по астрономии в журналах.

В 60-х годах Бредихин начал свои замечательные исследования комет и продолжал их до последних дней жизни.

И раньше было замечено, что хвосты комет обычно направлены в сторону, противоположную Солнцу. Отсюда некоторые ученые делали вывод, что вещество хвоста «отталкивается» от Солнца под влиянием какой-то силы, противоположной силе тяготения. Эту силу стали называть отталкивательной, но природа ее оставалась для ученых загадочной.

Федор Александрович путем точных расчетов показал, что в образовании хвостов комет исходящая от Солнца отталкивательная сила имеет решающее значение. По разработан-

Ф. А. Бредихин.
(Гравюра Л. Г. Ройтера.)

ной им теории, хвост кометы образуется при ее приближении к Солнцу. Под воздействием солнечных лучей центральная часть кометы — ядро — нагревается. Выброшенные из ядра кометы частицы материи подвергаются действию отталкивательной силы. Если солнечное тяготение притягивает частицу вещества к Солнцу, то давление падающих на эту частицу солнечных лучей отталкивает ее от Солнца. При этом для очень малых частиц сила светового давления превышает силу солнечного тяготения. Выброшенные частицы «отгоняются» в сторону от Солнца, образуя хвост кометы, вытягивающийся нередко на миллионы, а иногда на десятки и сотни миллионов километров.

В первые годы XX в. великий русский физик Петр Николаевич Лебедев блестяще проведенными в лаборатории опытами доказал, что в мировом пространстве, кроме силы тяготения, действует еще сила светового давления. После того как подтвердилось существование давления света на твердые тела и газы, световое давление было окончательно признано той силой, которая играет решающую роль в образовании хвостов комет.

Формы кометных хвостов различны: у одних комет они почти прямые, у других сильно изогнуты. Исследования Бредихина показали, что форма хвоста зависит от величины отталкивательной силы. Федор Александрович пришел к выводу, что у комет образуются хвосты трех типов.

К первому типу он отнес хвосты, образующиеся под действием отталкивательной силы, во много раз превышающей силу тяготения,— эти хвосты обычно почти прямые. Сильно искривленные хвосты образуются при отталкивательной силе, примерно равной силе тяготения или превышающей ее не более чем в 2—2,5 раза. Это хвосты второго типа. И, наконец, хвосты третьего типа образуются под действием отталкивательной силы, значительно меньшей, чем сила тяготения. Они поэтому не «бегут» от Солнца, а лишь отклоняются в сторону Солнца.

В своей теории Бредихин связывал различие форм кометных хвостов также с различиями в их химическом составе. Федор Александрович предполагал, что чем легче частицы веществ, образующие хвост, тем большим оказывается воздействие на них отталкивательной силы. Поэтому он считал, что хвосты первого типа состоят из самых легких газов, второго типа — из углеводородов и паров легких металлов и, может быть, пыли, а в хвостах третьего типа присутствуют тяжелые металлы (в газообразном состоянии) и, возможно, также пыль. Позднейшие исследования спектров комет в общем подтвердили эти предположения Федора Александровича.

Неутомимо занимаясь исследованием комет, Федор Александрович Бредихин продолжал свою профессорскую деятельность в университете. С 1873 по 1890 г., будучи директором Московской обсерватории, он направлял деятельность обсерватории по новому тогда пути астрофизических исследований. Благодаря трудам Бредихина и его ближайших учеников и сотрудников — В. К. Цераского (см. стр. 481) и А. А. Белопольского (см. стр. 486), ставших крупнейшими учеными,— Московская обсерватория за эти годы приобрела мировую известность.

В число основных научных достижений Бредихина вошла и разработанная им теория образования метеорных потоков. Эти потоки он рассматривал как результат распада комет.

Федор Александрович выдвинул также и гипотезу происхождения периодических комет (см. стр. 400). Он считал, что они образуются путем отделения частей от кометы-родоначальницы. Эта гипотеза дала возможность объяснить существование так называемых «семейств комет», т. е. групп комет, имеющих очень сходные между собой орбиты.

Бредихин плодотворно работал и в других областях астрономии. Он организовал и вел спектральные наблюдения Солнца — тогда это было совсем новым делом.

Много лет он занимался наблюдениями планеты-гиганта Юпитера и загадочного красного пятна на его поверхности.

В 1890 г. Федор Александрович был избран академиком и назначен директором Пулковской обсерватории. Бредихин расширил круг астрофизических исследований, укрепил кадры обсерватории путем привлечения талантливых молодых ученых из различных русских университетов. Любовь к молодежи и вера в ее творческие силы всегда были характерными чертами Бредихина. Он охотно поручал молодым ученым разработку ответственных научных тем, давая им возможность выйти на самостоятельный путь исследования. Всяческую помощь он оказывал и другим отечественным обсерваториям и отдельным ученым.

В 1895 г. Федор Александрович оставил руководство Пулковской обсерваторией. Но и в последние годы жизни он продолжал заниматься наукой. Над теорией кометных форм он работал до конца жизни. Дальнейшее развитие теория Бредихина получила за последние десятилетия в трудах советских ученых, особенно С. В. Орлова.

Эти исследования пролили свет на многие вопросы природы комет. С. В. Орлову удалось установить, что размеры и массы ядер комет весьма незначительны (диаметры твердых ядер комет составляют сотни метров или несколько километров, а массы в миллиарды и триллионы раз меньше массы Земли).

АЛЕКСЕЙ ПАВЛОВИЧ ГАНСКИЙ

Талантливый русский астроном Алексей Павлович Ганский (1870—1908) посвятил жизнь изучению Солнца. Когда в 90-х годах прошлого века он начал исследования, о Солнце не так много было известно. Солнечные пятна, факелы и протуберанцы наблюдались уже давно, но природа их не была выяснена, а солнечная корона, видимая лишь в короткие минуты полных затмений, оставалась сплошной загадкой.

Алексей Павлович Ганский вырос в Одессе. Он учился в Одесском университете, где в то время астрономию преподавал проф. А. К. Кононович — передовой ученый и отличный педагог.

Ясное небо Одессы и обилие солнечных дней создавали самые благоприятные условия для астрономических наблюдений. Но астрономическая обсерватория Одесского университета была очень бедна, так как царское правительство не давало денег для приобретения хорошего оборудования. А. К. Кононович, занимавшийся новой тогда еще отраслью астрономии — астрофизикой, при помощи имевшихся на обсерватории скромных инструментов организовал систематическое фотографирование солнечных пятен и протуберанцев. К этим работам он привлек своего ученика — студента Ганского. Таким образом, еще в студенческие годы будущий ученый включился в научную работу обсерватории.

Упорно работая, Ганский ко времени окончания университета не только приобрел большие знания по астрономии, но и выбрал для исследований трудную область этой науки — изучение Солнца.

После окончания университета Алексей Павлович работал на Пулковской обсерватории. Вместе с другими астрономами он принял участие в экспедиции на Новую Землю для наблюдения полного солнечного затмения в 1896 г. Здесь он сделал отличные фотографии солнечной короны, что удавалось далеко не всем. Тщательно изучив эти снимки и сопоставив их с данными наблюдений солнечной короны за полвека, Алексей Павлович сделал крупное открытие. Он установил, что форма солнечной короны меняется закономерно и периодически

А. П. Ганский.
(Гравюра А. П. Журова.)

в связи с количеством пятен на Солнце: когда на Солнце больше всего пятен, корона видна вокруг всего солнечного диска, при этом она гораздо ярче полной Луны; когда пятен меньше, корона отступает от солнечных полюсов и блеск ее сильно уменьшается, и наконец когда пятен совсем мало, корона сильно вытягивается вдоль солнечного экватора, напоминая крылья бабочки. В это время блеск короны не превосходит блеска Луны. На основании этих выводов Ганский предсказал форму короны для предстоявших затмений, и его предсказания потом подтвердились.

С 1897 по 1905 г. Алексею Павловичу пришлось много времени провести во Франции. В царской России нельзя было и мечтать о получении средств на постройку высокогорной обсерватории. Не заботились о таких обсерваториях и правительства западноевропейских стран. Только французскому астроному Жансену удалось на частные средства построить обсерваторию на Монблане — самой высокой горе в Западной Европе (4810 *м* над уровнем моря). Однако и эта обсерватория бездействовала: не было астронома, который, преодолев все трудности восхождения на Монблан, отважился бы работать на высоте почти 5 *км*.

Ганский решил исследовать явления, происходящие на Солнце, в наиболее благоприятных для этого условиях — на большой высоте. Он девять раз поднимался на вершину Монблана и провел там важнейшие научные наблюдения. В разреженной атмосфере было трудно дышать, но зато чистый, прозрачный воздух облегчал астрономические наблюдения.

Здесь, на Монблане, среди снежного поля, Алексей Павлович еще во время первых своих восхождений произвел определение так называемой солнечной постоянной. Это полное количество энергии, получаемой от Солнца одним квадратным сантиметром поверхности на границе земной атмосферы.

На высоте вершины Монблана солнечную постоянную можно было определить, не считаясь с поглощающим действием нижних, наиболее плотных слоев атмосферы и учитывая только поглощение лучей верхними, более разреженными слоями.

После тщательных наблюдений Алексей Павлович вывел значение солнечной постоянной. Долгое время спустя никто не мог получить значения более точного; только уже в недавнее время с новейшей аппаратурой (которой не было у Ганского) ученые установили, что солнечная постоянная равна 1,94 малой калории — несколько меньше, чем определил Ганский.

Помимо этого, Ганский с вершины Монблана наблюдал Венеру и Юпитер и изучал различные небесные явления. Каждое его восхождение на Монблан приносило новые успехи науке.

Работая на Монблане, Алексей Павлович почти ежегодно приезжал в Пулково и участвовал в работах пулковских астрономов. В 1905 г. он окончательно перешел на Пулковскую обсерваторию, где продолжал исследования Солнца.

Поверхность Солнца по своему строению неоднородна: она как бы состоит из отдельных зерен, называемых гранулами. По наблюдениям Ганского, гранулы оказались самыми подвижными и изменчивыми явлениями на Солнце. При своих огромных размерах (иногда тысячи километров в диаметре) они изменяются и исчезают в течение немногих минут.

По солнечному диску они перемещаются со скоростью 2—4 *км/сек* — гораздо быстрее пятен. Гранулы, по-видимому, являются как бы вершинами «столбов» горячих газовых токов, поднимающихся из глубины Солнца.

Исследуя протуберанцы — огромные фонтаны раскаленного газа, высоко поднимающиеся над поверхностью Солнца,— Алексей Павлович пришел к мысли, что форма солнечной короны может быть связана с формой и направлением протуберанцев. При этом он определил скорость, с которой вещество протуберанцев извергается из Солнца. Она оказалась равной примерно 200 *км/сек*.

Работая в Пулкове, Ганский доказывал необходимость постройки большой астрофизической обсерватории на юге России. По его инициативе было основано отделение Пулковской обсерватории в Симеизе (в Крыму). Алексей Павлович энергично занимался организацией этого отделения, но не смог довести работу до конца. В полном расцвете творческих сил, в возрасте всего 38 лет, он утонул, купаясь у Крымского побережья. Так оборвалась короткая, но яркая жизнь ученого-новатора, постоянно искавшего новые пути в науке и не боявшегося никаких трудностей. Ему не страшны были ни восхождения на Монблан, ни снежные бураны на вершине этой горы. С риском для жизни он не раз поднимался на воздушном шаре для наблюдения «падающих звезд» над облаками. Свои наблюдения — особенно во время затмений — Алексей Павлович организовывал так, чтобы ни одна секунда не пропадала без пользы для науки.

Можно себе представить, сколько мог бы дать Ганский, если бы он дожил до советской эпохи, когда ученым предоставлены все возможности для научной работы. Но и то, что сделал Алексей Павлович, обеспечивает ему почетное место в истории отечественной науки, а основанная Ганским Симеизская обсерватория (ныне Крымская астрофизическая обсерватория Академии наук СССР) занимает виднейшее место среди современных астрономических обсерваторий.

ВИТОЛЬД КАРЛОВИЧ ЦЕРАСКИЙ

Изучение блеска звезд путем тщательных наблюдений имеет большое значение в астрономии. Оно дает возможность судить о физической природе звезд, их светимости, размерах и внутреннем строении.

Во второй половине XIX в. были применены точные методы для определения блеска звезд и широко развернулись планомерные исследования в этой области. Одним из основоположников этого направления в астрономии был выдающийся русский астроном Витольд Карлович Цераский. Его научная деятельность была всецело связана с астрономической обсерваторией Московского университета.

Витольд Карлович родился в 1849 г. в г. Слуцке (ныне Белорусская ССР). Впервые он заинтересовался астрономией в возрасте девяти лет, когда всеобщее внимание было привлечено появлением яркой кометы Донати. С этого времени Витольд Карлович стал читать книги по астрономии, интересоваться математикой и физикой и наблюдать небо при помощи небольшой трубы, бывшей в физическом кабинете гимназии, в которой он учился.

Детство и юность Цераского проходили в трудных условиях. После ранней смерти отца — учителя географии — семья осталась без средств. Но ни материальная нужда, ни болезненность, присущая ему с детства, не помешали Цераскому стать ученым.

Окончив гимназию, он приехал в Москву и поступил в университет на физико-математический факультет. Зарабатывая на жизнь уроками, Витольд Карлович с увлечением занимался в университете. Через некоторое время его пригласили работать вычислителем на Московскую обсерваторию, где он и поселился. В то время обсерваторией заведовал Швейцер — иностранец, крупный ученый, но за долгие годы работы в России так и не научившийся русскому языку.

Швейцер строго формально относился к подчиненным. Он требовал от Цераского, чтобы тот ничем не занимался, кроме выполнения своих прямых обязанностей. Витольд Карлович, страстный любитель литературы и искусства, должен был прятать под матрац книги, не имевшие отношения к астрономии.

В. К. Цераский с параболическим зеркалом, служившим для определения температуры Солнца.
(Гравюра Н. И. Калиты.)

мической фотографии. Он всегда считал, что фотографическая пластинка — лучший регистратор того, что происходит на далеких небесных светилах. Главное же свойство фотопластинки — ее документальность.

Сравнивая фотографии одних и тех же светил или участков неба, снятые в разное время, можно сделать важные выводы об изменении блеска звезд, о движении звезд или туманностей.

Еще молодым ученым Цераский успешно занимался фотографированием Солнца. Став профессором, а с 1890 г. директором Московской обсерватории, он организовал обширные работы по фотографированию звездного неба.

Витольд Карлович применил оригинальный метод для оценки температуры поверхности Солнца. Для этого он воспользовался большим зеркалом с диаметром в 1 *м*. В фокусе зеркала Цераский помещал образцы наиболее тугоплавких веществ: все они расплавлялись. Отсюда Витольд Карлович сделал вывод, что температура в фокусе зеркала не меньше 3500°, а следовательно, температура поверхности Солнца должна быть еще выше.

Цераский сравнил блеск звезд и Солнца. Оказалось, что Солнце дает нам света в 100 млрд. раз больше, чем звезда 1-й величины (см. стр. 330).

Благодаря трудам Бредихина и Цераского Московская обсерватория приобрела мировую известность. Но она была построена еще в 30-х годах XIX в., поэтому ее оборудование отставало от требований науки. Огромного труда стоило Витольду Карловичу добиться у царских чиновников отпуска средств для обсерватории.

Под руководством Цераского обсерватория была капитально перестроена и на ней установили новые инструменты и приборы, в том числе и 15-дюймовый телескоп для фотографических работ.

После этого еще больший размах приняли

В 1873 г., после смерти Швейцера, обсерваторию возглавил Ф. А. Бредихин, понимавший, что для раскрытия тайн физической природы небесных тел необходимо исследовать строение и химический состав звезд и планет. По этому пути Бредихин и направил работу Московской обсерватории.

Витольд Карлович стал его ближайшим сотрудником.

Уже тогда Цераский пришел к мысли, что исследование блеска звезд имеет огромное значение: оно может помочь разобраться в физических свойствах звезд.

Для этих работ необходимо было иметь приборы, позволяющие определять блеск звезд с наибольшей точностью.

Витольд Карлович поставил перед собой задачу создать такие приборы. Он с величайшей настойчивостью несколько лет работал над всеми деталями прибора для определения блеска звезд — ф о т о м е т р а, предложенного немецким астрономом Цёлльнером. Этот прибор получил название фотометра Цёлльнера—Цераского.

На протяжении многих десятилетий Цераский занимался определением блеска звезд, изучением звездных скоплений и разнообразных туманностей.

Наряду с ф о т о м е т р и е й Витольд Карлович огромное значение придавал астроно-

на обсерватории работы по отысканию переменных звезд и изучению изменений их блеска. Этими исследованиями успешно занималась жена Витольда Карловича Лидия Петровна Цераская (1855—1931), открывшая более 200 переменных звезд.

Углубленным изучением этих звезд занимался ученик Цераского, также выдающийся астроном, Сергей Николаевич Блажко (1870—1956), более 60 лет проработавший на Московской обсерватории.

Витольд Карлович был прекрасным педагогом и лектором. Многие выдающиеся астрономы были его учениками. Он читал публичные лекции, писал блестящие популярные статьи, в которых знакомил читателей с историей астрономии и ее достижениями.

Цераского интересовали все области культуры, он прекрасно знал историю, литературу, искусство.

В 1916 г. тяжелая болезнь заставила Витольда Карловича оставить университет и обсерваторию. Восстановить здоровье и вернуться к работе ему не удалось. Он скончался в 1925 г.

В советское время Московская обсерватория выросла в крупное научное учреждение — Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга.

Основной состав сотрудников этого института — ученики учеников Цераского и их ученики.

На обсерваториях созданы богатые «стеклянные библиотеки» — хранилища фотоснимков неба. Они являются ценным материалом для исследования далеких просторов Вселенной. Одна из самых богатых «стеклянных библиотек» находится при Институте им. П. К. Штернберга.

Начало этой библиотеке положил Витольд Карлович Цераский — выдающийся ученый и учитель многих поколений русских астрономов.

ПАВЕЛ КАРЛОВИЧ ШТЕРНБЕРГ

Не все читатели знают, что Павел Карлович Штернберг, имя которого носит Астрономический институт Московского университета, был не только выдающимся астрономом, но и замечательным революционером, активным участником Великой Октябрьской социалистической революции.

Штернберг родился в 1865 г. в г. Орле. Настойчивость и упорство в работе, стремление каждое начатое дело доводить до конца были свойственны ему с детства. Он рано заинтересовался астрономией. Еще будучи гимназистом, Штернберг сам изготовил штатив для подаренной ему астрономической трубы, установил ее на крыше дома, в котором жил, и регулярно наблюдал небо.

Окончив гимназию, Павел Карлович в 1883 г. поступил в Московский университет. Здесь на физико-математическом факультете он стал учеником Ф. А. Бредихина. В 1887 г., по окончании университета, Штернберг был приглашен для работы на обсерватории. В первые годы он был рядовым сотрудником обсерватории и помогал Бредихину в исследованиях комет, а с 1890 г. Павел Карлович стал астрономом-наблюдателем и одновременно начал преподавать в университете.

Молодой ученый принимал активное участие в перестройке обсерватории и расширении ее научной работы.

Для своих научных трудов Павел Карлович всегда выбирал темы, требовавшие особенно тщательных наблюдений и измерений. Его труды по точности выполнения всегда были образцом для астрономов.

В 90-х годах XIX и в начале XX в. Павел Карлович занимался точным определением широты Московской обсерватории в связи с движением полюсов. Земные полюсы не являются неподвижными точками, а перемещаются по земной поверхности. Как ни ничтожны эти перемещения, измеряемые немногими метрами, они все же вызывают изменение широт различных мест на Земле.

Тщательные исследования Павла Карловича привели его к выводу, что движение полюсов имеет очень сложный характер, для полного уяснения которого нужны наблюдения в обоих полушариях Земли. Штернберг указывал и на возможную связь между движением полюсов

и такими явлениями в истории Земли, как ледниковые эпохи и неоднократно происходившие наступания моря на сушу (трансгрессии).

Много внимания Павел Карлович уделял работам по определению силы тяжести в разных местах Европейской России. Эти работы имеют большое практическое значение: они помогают обнаруживать залежи полезных ископаемых (например, железа или других металлов).

В советскую эпоху такие исследования развернулись на территории нашей страны в огромных масштабах. Но более полувека назад Павел Карлович был смелым новатором в этом деле.

П. К. Штернберг.

Много времени отдавал Штернберг преподавательской работе не только в университете, но и в средней школе. Он умел живо и увлекательно передавать учащимся знания по математике и физике. Когда в 1900 г. передовые московские профессора, несмотря на препятствия со стороны властей, добились разрешения открыть в Москве Высшие женские курсы с университетской программой, Павел Карлович стал профессором астрономии на этих курсах.

Штернберг жил и работал в то время, когда рабочий класс России готовился к великой борьбе за свержение самодержавия и капитализма, за лучшее будущее для всего человечества.

Изучая труды Маркса и Ленина, наблюдая в фабричном районе Пресни, по соседству с обсерваторией, жизнь и борьбу рабочих, Павел Карлович решил идти с партией Ленина, бороться за свержение капитализма и установление социалистического строя.

Штернбергу не пришлось быть в Москве в дни Декабрьского вооруженного восстания 1905 г. Он был в заграничной командировке и вернулся только в начале 1906 г., когда восстание было подавлено, а царское правительство беспощадно расправлялось с участниками революции.

Вскоре по приезде Павел Карлович включился в работу большевистской организации. Это было время, когда от революции отходили соглашатели и колеблющиеся, а партия сплачивала свои ряды, для того чтобы организованно отступить после поражения и собрать силы для подготовки победоносной революции. Штернберг, оставаясь астрономом обсерватории, выполнял ответственные секретные поручения партии. Ему, например, было поручено сохранить оружие, оставшееся после Декабрьского восстания. Часть этого оружия долго хранилась на обсерватории.

Свою революционную работу Павел Карлович проводил в условиях строжайшей конспирации; даже его ближайшие товарищи по обсерватории не подозревали, что Штернберг — революционер-большевик.

Для подготовки вооруженного восстания необходим был подробный план Москвы со всеми ее извилистыми улицами и переулками, проездами и проходными дворами. Такого плана Москвы не имели и царские власти. Благодаря энергии и изобретательности Павла Карловича Московская организация большевиков создала такой план на глазах у властей и даже с их помощью. В научных кругах Москвы хорошо знали, что Штернберг много занимался исследованиями напряжения силы тяжести, поэтому никого не удивило, когда он поставил в университете вопрос о необходимости получить от московских властей разрешение заниматься такими исследованиями со студентами на территории самой Москвы. Павел Карлович ссылался на то, что наблюдения на обсерватории и педагогическая работа не дают ему возможности организовать экспедицию за пределы Москвы.

Университет выхлопотал Штернбергу такое разрешение, и вскоре на улицах Москвы появились студенты с непривычными для глаз обывателей приборами. Все, кто хотел узнать, что это за приборы и что с их помощью делают, получали разъяснение, что измеряется напряжение силы тяжести с целью узнать, нет ли под Москвой залежей железа или других металлов. Полиции было предложено не мешать работам.

В действительности же производилась съемка детального плана Москвы, а участники этого

отчаянно смелого дела в большинстве были не студенты, а переодетые студентами рабочие, которых Павел Карлович заранее научил обращаться с геодезическими приборами. Заснятые планы районов города тщательно хранились и потом были использованы во время Октябрьских боев 1917 г.

Выполняя партийные поручения, Павел Карлович не ослаблял научной деятельности. После перестройки Московской обсерватории Штернберг получил для работы самый крупный инструмент — 15-дюймовый астрограф. Он использовал его для применения фотографии к точным измерениям в астрономии, поставив задачей подметить движение в пространстве одной из далеких туманностей.

Как ни огромны небесные тела, но, чтобы обнаружить их движение, нужны точнейшие измерения на фотографиях, тщательно заснятых в разное время. Павел Карлович и здесь оказался мастером несравненной точности. За эту работу он получил ученую степень доктора и звание профессора, а когда в 1916 г. директор обсерватории В. К. Цераский по болезни должен был оставить работу, Павел Карлович заменил его.

В стране назревали события всемирно-исторического значения. 12 марта 1917 г. было свергнуто царское правительство. В первые месяцы после Февральской революции Павел Карлович участвовал в легальной работе Московской большевистской организации. Он много работал по организации Красной гвардии, сыгравшей важную роль в Октябрьских боях.

Но легальная работа партии продолжалась недолго. В июле 1917 г. Временное правительство стало преследовать партию большевиков.

После ареста многих деятелей партии, разгрома партийных организаций и газет большевики вынуждены были уйти в подполье. Состоявшийся вскоре VI съезд партии взял курс на подготовку вооруженного восстания для свержения власти капиталистов и помещиков.

Вместе с другими членами партии Павел Карлович готовился к решающим революционным боям. Но и в самое напряженное время он не оставлял научной работы. Вернувшись незадолго до революции к исследованиям напряжения силы тяжести в Москве и Московской губернии, он организовал наблюдения в Нескучном саду (ныне территория Академии наук СССР).

Павел Карлович принимал самое активное участие в боях за победу пролетарской революции в Москве. Выделенный Московским комитетом партии большевиков боевой партийный центр назначил Штернберга своим уполномоченным в Замоскворецкий район Москвы. Отсюда должен был начаться обстрел Кремля, в котором находился штаб контрреволюции.

Павел Карлович проявил здесь качества подлинного большевистского руководителя. Имея перед собой хорошо вооруженного и опытного в военном отношении противника, он понимал, что успех дела должны решить смелые наступательные действия. По инициативе и под руководством Штернберга был осуществлен артиллерийский обстрел Кремля, обеспечивший возможность победоносного штурма и окончательного разгрома засевших в Кремле белогвардейских войск.

После победы социалистической революции Павел Карлович некоторое время был комиссаром Московской губернии, а затем правительство возложило на него важную задачу перестройки системы высшего образования. Университеты и другие высшие учебные заведения, где до революции получали образование представители имущих классов, нужно было сделать доступными для рабочих и крестьян. Это было трудное дело. Оно еще осложнялось тем, что реакционная часть профессуры и буржуазное студенчество всячески противодействовали этому.

При ближайшем участии Павла Карловича было разработано новое положение о высшей школе, широко открывшее двери людям из народа. В этой работе Штернберга горячо поддерживал проф. К. А. Тимирязев (см. том 4 ДЭ).

Наступали трудные дни в истории молодой Советской республики: все силы контрреволюции, поддерживаемые иностранными империалистами, объединились в борьбе против власти Советов. Партия направила Штернберга на Восточный фронт против Колчака. Как член Реввоенсовета одной из армий Восточного фронта, а потом Реввоенсовета всего фронта, Павел Карлович участвовал в организации первых побед над армиями Колчака, а затем в окончательном их разгроме. Будучи тяжело больным, Штернберг оставался на фронте, пока его не заставили уехать в Москву для лечения. Вылечить Павла Карловича от тяжелого легочного заболевания не удалось 1 февраля 1920 г. он скончался.

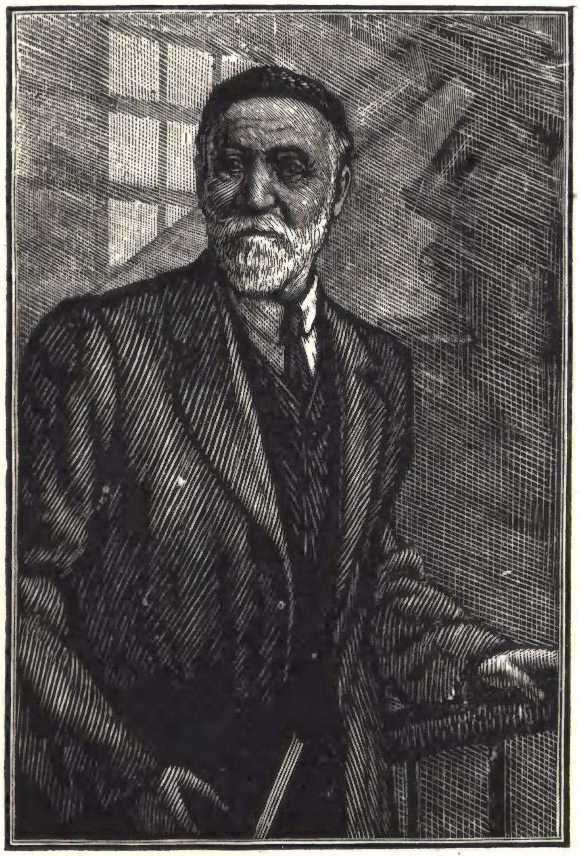
Тимирязев справедливо назвал Штернберга ученым-героем. Советские астрономы и весь советский народ чтут память выдающегося ученого, большевика Павла Карловича Штернберга.

АРИСТАРХ АПОЛЛОНОВИЧ БЕЛОПОЛЬСКИЙ

Луч света, приходящий к нам от далеких звезд, —главный источник наших знаний о них. Разложенный призмой спектроскопа в разноцветную полоску, испещренную темными линиями, он позволяет делать важные выводы о химическом составе, физическом состоянии и движении далеких небесных тел, которые даже в сильнейшие телескопы видны только как светящиеся точки.

В этой увлекательнейшей области астрономии особое значение имеют труды великого русского ученого Аристарха Аполлоновича Белопольского.

Белопольский родился в 1854 г. в Москве. Еще в детстве он увлекался природой: его интересовали и звездное небо, и камни на Земле, и животные, и растения. Он увлекался также художественной литературой и музыкой. Любовь к книгам сочеталась у него с любовью к физическому труду — он рано научился конструировать и мастерить разного рода механизмы.



А. А. Белопольский.
(Гравюра Л. Г. Ройтера.)

По окончании гимназии Аристарх Аполлонович поступил на физико-математический факультет Московского университета, где слушал лекции крупнейших русских ученых — Ф. А. Бредихина по астрономии и А. Г. Столетова по физике. Тогда он еще не думал о деятельности ученого. Он предполагал изучить математические науки, чтобы стать инженером. Но именно увлечение техникой привело Аристарха Аполлоновича к астрономии. Бредихин пригласил его работать механиком на обсерватории. Оказавшись в тесном общении с такими учеными, как Бредихин и Цераский, молодой студент еще больше заинтересовался астрономией и по окончании университета стал научным работником обсерватории.

За одиннадцать лет работы на Московской обсерватории Аристарх Аполлонович стал крупным ученым. Он занимался различными вопросами, но самая значительная его работа этого периода посвящена исследованию вращения Солнца. По сделанным им многочисленным фотографиям перемещения солнечных пятен на поверхности Солнца Аристарх Аполлонович уточнил закон изменения скорости вращения Солнца на разных широтах. Оказалось, что на солнечном экваторе вращение происходит быстрее, а по мере удаления от экватора — медленнее. Было известно, что твердое, однородное тело так вращаться не может. Поэтому Белопольский сделал вывод, что Солнце состоит из газов разной плотности и разной температуры.

В 1888 г. Аристарх Аполлонович перешел на Пулковскую обсерваторию. Здесь он работал непрерывно сорок шесть лет — до конца жизни. В Пулкове он занимался спектральными исследованиями, принесшими ему мировую славу.

Спектральный анализ и фотография пришли на помощь астрономии в начале второй половины XIX в. Они стали основой новой области астрономии — **а с т р о ф и з и к и**. Ее пионерами, заложившими основы изучения физической

природы небесных тел, были выдающиеся ученые: Хёггинс (1824—1910) и Локьер (1836—1920) в Англии, Жансен (1824—1907) во Франции, Секки (1818—1878) в Италии, Фогель (1842—1907) в Германии, Бредихин (1831—1904) в России. Белопольский был их достойным продолжателем и открывателем новых путей в науке.

В соединении спектрального анализа и фотографии Белопольский нашел могучего союзника. Получив в свое ведение огромный 76-сантиметровый Пулковский телескоп, Аристарх Аполлонович приспособил к нему сконструированный им спектрограф — прибор для фотографирования спектров. В дальнейшем он тщательно продумывал и совершенствовал конструкции применявшихся им приборов и приспособлений.

Еще до начала астрофизических исследований Аристарха Аполлоновича было известно: если в спектре какого-либо небесного тела, например далекой звезды, наблюдается смещение спектральных линий к фиолетовому концу, то звезда движется по направлению к нам; если, наоборот, замечено смещение линий к красному концу, то это значит, что звезда удаляется от нас. Это явление называется принципом Допплера, по имени австрийского физика, в свое время высказавшего это положение.

Принцип Допплера помог Белопольскому обнаружить движения многих небесных тел в сторону приближения к нам или удаления от нас (так называемое движение по лучу зрения). Ему же принадлежит заслуга применения принципа Допплера для решения важнейших научных вопросов. Особенное значение имели его исследования переменных звезд типа цефеид (см. стр. 416).

Переменные звезды давно уже привлекали к себе внимание астрономов. Причина изменения блеска у переменных звезд типа Алголя была уже известна (см. стр. 417). Эти звезды — спектрально-двойные, т. е. представляют собой звездные пары, где главная звезда и спутник либо находятся настолько близко друг от друга, либо настолько удалены от нас, что в обоих случаях ни в какой телескоп их двойственность обнаружить невозможно. При этом главная звезда и ее спутник периодически затмевают друг друга, чем и вызывается изменение блеска, а в своем движении по орбитам они то приближаются к нам, то удаляются от нас, чем и вызывается смещение линий спектра к фиолетовому или к красному концу.

Белопольский открыл, что изменения блеска цефеид происходят в соответствии с их движением по лучу зрения. Это движение обнаруживается по смещению линий в спектре. Таким образом, эти звезды то приближаются, то удаляются от нас. Аристарх Аполлонович вначале предположил, что цефеиды — это спектрально-двойные звезды, подобные звездам типа Алголя. Однако в дальнейших его исследованиях было выяснено, что загадка цефеид сложнее и не может быть объяснена их «двойственностью».

На основании исследований Белопольского другой замечательный русский ученый — физик Н. А. Умов (1846—1915)— высказал мнение, что цефеиды не двойные звезды, а одиночные, но размеры их не постоянны. Они «пульсируют»: периодически то расширяются, то сжимаются под влиянием внутренних физических причин. Когда звезда расширяется, ее поверхность приближается к нам, вызывая смещение линии спектра к фиолетовому концу. При сжатии звезды происходит обратное явление. С расширениями и сжатиями звезды связаны изменения ее блеска и температуры.

С помощью принципа Допплера Аристарх Аполлонович Белопольский решал и другие задачи. В свое время на основании математических расчетов ученые предположили, что кольцо Сатурна не может быть сплошным, а должно состоять из множества мелких тел. Белопольский решил спектральными наблюдениями проверить выводы математиков. Измерив смещения линий в спектре более близких и более далеких к планете частей кольца, он убедился, что кольцо вращается так, как может вращаться только тело, не имеющее сплошной массы: близкие части кольца вращаются быстрее, более далекие — медленнее. А это значит, что кольцо состоит из множества мелких тел.

Одновременно с Белопольским это открытие сделали американский астроном Килер и французский астроном Деландр.

Таким образом, применяя принцип Допплера, Белопольский достиг замечательных научных успехов. Но принцип Допплера по отношению к световым колебаниям еще не был проверен опытами в лаборатории. Большинство ученых вообще считало такую проверку невозможной: смещение спектральных линий небесных тел вызывается их движением с огромными скоростями, которые невозможно воспроизвести в лаборатории. Казалось, нечего было и мечтать об опытной проверке. Но без

нее многие ученые сомневались, можно ли по смещению линий в спектре делать выводы о приближении или удалении от нас небесных тел.

Аристарх Аполлонович Белопольский сочетал в себе глубокого теоретика и искусного изобретателя и конструктора. Это и помогло ему провести опыты, окончательно подтвердившие принцип Допплера, а стало быть, и правильность полученных с его помощью астрономических выводов.

Он построил прибор, в котором луч солнечного света после многократного отражения от нескольких зеркал, вращающихся навстречу одно другому, попадал в щель спектрографа, а оттуда на фотографическую пластинку. Отражение света от движущихся зеркал должно было дать тот же эффект — в смысле смещения линий спектра, — как если бы перемещался сам источник света (в данном случае Солнце). Так именно и произошло, и принцип Допплера был подтвержден опытом.

Многие труды Аристарха Аполлоновича посвящены спектральным исследованиям новых звезд, вспыхивавших в конце XIX и первой четверти XX в., определению времени вращения Юпитера и Венеры, изучению комет и другим вопросам.

В Пулкове Белопольский до последних дней продолжал начатые еще в Москве исследования вращения Солнца. Аристарх Аполлонович с помощью спектрографа и на основании принципа Допплера определил приближение и удаление отдельных точек солнечной поверхности. Этим он подтвердил свои прежние выводы о замедлении вращения Солнца от экватора к полюсам (вблизи полюсов период вращения Солнца доходит до 34 суток, тогда как на экваторе он составляет всего 25 суток) и подметил также, что вращение Солнца вообще со временем несколько замедляется.

Всех печатных научных работ Белопольского более двухсот семидесяти.

В 1900 г. Аристарх Аполлонович был избран академиком. С 1917 по 1919 г. он был директором Пулковской обсерватории. Когда совершилась Великая Октябрьская революция, он был уже в преклонном возрасте. Но это не помешало ему с юношеской энергией принять участие в создании советской науки. Почти в 80-летнем возрасте Белопольский неутомимо работал в составе экспедиции, выбиравшей место для постройки большой астрофизической обсерватории на юге нашей страны. Умер Белопольский в 1934 г.

Всю свою жизнь Аристарх Аполлонович провел в напряженном труде. Он сам создавал инструменты, с которыми работал. Несколько поколений астрономов училось у Белопольского.

Аристарх Аполлонович принадлежал к числу передовых ученых-материалистов, которые считали, что в природе нет неразрешимых задач, и смело искали и находили новые пути для проникновения в далекие глубины Вселенной.

ЭДВИН ХАББЛ

Высказанные в начале второй половины XVIII в. Кантом и Ламбертом предположения, что Млечный Путь — одна из бесчисленных звездных систем в бесконечной Вселенной, были в свое время только смелыми догадками. Подтвердить их правильность было невозможно. Наука не располагала еще никакими сведениями о форме и размерах самого Млечного Пути. Однако передовые ученые конца XVIII и первой половины XIX в. разделяли мнения Канта и Ламберта, хотя и не могли подкрепить их никакими доказательствами.

Изучение Млечного Пути далеко продвинулось вперед благодаря трудам Гершеля и В. Я. Струве. Ирландский астроном В. Парсонс при помощи своего гигантского телескопа обнаружил в середине XIX в., что многие из туманностей, которые не разделяются на отдельные звезды, имеют спиральную форму. А после открытия спектрального анализа и применения его к изучению небесных тел оказалось, что у многих туманностей, в особенности у спиральных, спектр не отличается от обычного спектра звезд.

Этим как будто подтверждалось, что такие туманности, которые открывались все в большем и большем количестве, могут быть дале-

кими звездными системами. Однако во второй половине XIX в. большинство ученых не разделяло мнения о множественности звездных систем и полагало, что Млечный Путь — единственная звездная система во Вселенной, а сама Вселенная имеет конечные размеры.

Но в начале XX в. новые открытия заставили ученых сильнее заинтересоваться вопросом о природе спиральных и других «неразложимых» туманностей. В некоторых из них (в частности, в туманности в созвездии Андромеды) были замечены вспыхнувшие новые звезды. Когда удалось при помощи спектрального анализа измерить скорости движения некоторых туманностей, они оказались огромными — тысячи километров в секунду. В то же время все попытки измерить непосредственно перемещение туманностей на фоне неба оказались безуспешными. А это означало, что они находятся на расстояниях, во много раз превосходящих расстояния до самых далеких звезд Млечного Пути.

Эдвин Хаббл.

Однако сколько-нибудь точному определению эти расстояния долго не поддавались. В 1920 г. шведский астроном Лундмарк показал, что расстояние до туманности в Андромеде составляет не менее 650 000 световых лет. В том же году американский астроном Кёртис привел важные доводы в пользу того, что спиральные туманности — звездные системы, удаленные от нас на сотни тысяч, миллионы и десятки миллионов световых лет. Однако многие астрономы возражали против выводов Лундмарка и Кёртиса, все еще считая, что спиральные туманности принадлежат к нашей звездной системе, а сами звездными системами не являются.

В 1924 г. весь мир облетела весть, что американский астроном Эдвин Хаббл при помощи только что вошедшего в строй гигантского телескопа обсерватории Маунт-Вильсон (в Калифорнии) с зеркалом 250 *см* в диаметре окончательно доказал, что туманность в Андромеде и некоторые другие туманности имеют звездное строение и находятся далеко за пределами Млечного Пути.

Таким образом, впервые было доказано, что Млечный Путь, или наша Галактика, — не единственная звездная система во Вселенной. В истории астрономии началась новая эпоха — эпоха открытия и изучения других звездных систем и исследования безграничных просторов Вселенной. Начало этой эпохи и многие ее последующие достижения связаны с именем Эдвина Хаббла.

Хаббл родился в 1889 г. в штате Миссури. Он учился в Чикагском университете, а потом продолжал свое образование в Оксфордском университете в Англии. В 1914 г. Хаббл вернулся в Чикаго и стал ассистентом Йеркской обсерватории (близ Чикаго), в которой установлен крупнейший в мире рефрактор с объективом в 102 *см*. Однако успешно начавшаяся научная работа Хаббла была прервана призывом в армию в связи с участием США в первой мировой войне. По возвращении с западноевропейского фронта Хаббл стал астрономом обсерватории Маунт-Вильсон — одной из крупнейших астрофизических обсерваторий мира.

Уже первые свои труды Хаббл посвятил фотографическому изучению слабых туманностей. В этих трудах Хаббл утверждал звездную природу спиральных туманностей. Он назвал их внегалактическими туманностями, т. е. находящимися за пределами нашей Галактики.

Сделанное в 1924 г. Хабблом открытие принесло ему мировую известность. Суть открытия заключалась в том, что на полученных Хабблом при помощи 250-сантиметрового рефлектора фотографиях крайние (менее яркие) области трех туманностей — в Андромеде, в Треугольнике и еще одной, обозначенной в каталоге номером 6822, — отчетливо разлагались на звезды. Исследование фотографий показало, что среди их звезд в большом количестве имеются переменные — цефеиды (см. стр. 416). Это обстоятельство имело огромное значение.

Еще в конце XIX в. выдающийся американский астроном Э. Пикеринг (1846—1919) начал на обсерватории Гарвардского университета обширные исследования переменных звезд. В 1908 г. сотрудница Пикеринга Ливитт (1868—

1921) открыла замечательную особенность переменных звезд — цефеид: чем больше период изменения блеска у цефеид, тем больше их светимость, т. е. их истинная сила света. Это значит, что если из наблюдения той или иной цефеиды установлена величина периода изменения ее блеска, то по определенной формуле вычисляется и ее сила света по сравнению с Солнцем. А после этого уже легко рассчитать, на каком расстоянии от нас должна находиться эта цефеида, если она при установленной ее светимости представляется с Земли звездой данной видимой звездной величины. Так как цефеиды являются звездами огромной светимости (все они гиганты или сверхгиганты), то они в первую очередь были обнаружены астрономами во внегалактических туманностях, звездное строение которых было открыто Хабблом.

Таким образом Хаббл определил расстояние до исследованных им внегалактических туманностей. Расстояние до туманности в Андромеде оказалось по его вычислениям около миллиона световых лет.

Примерно таким же оказалось и расстояние до туманности в Треугольнике. Расстояния туманностей от нас в десятки раз превысили размеры нашей звездной системы — Млечного Пути.

Но это было только началом. В последующие годы Хаббл исследовал множество внегалактических туманностей, которым теперь было дано название галактик, ввиду их равноправности с нашей Галактикой, название которой пишется с прописной буквы. Оказалось, что далеко не все они имеют спиральную форму. Многие имеют эллиптическую форму, некоторые отличаются неправильной формой. Таковы, между прочим, Магеллановы Облака (Большое и Малое) — огромные скопления звезд, видимые невооруженным глазом в южном полушарии неба.

Хаббл составил подробную классификацию галактик по их форме и по другим особенностям.

В течение последующих лет благодаря трудам Хаббла и других астрономов, в особенности Харлоу Шапли и Вальтера Бааде, быстро расширялись границы изученной части Вселенной. При помощи фотографии (на пластинках) были открыты миллионы галактик, находящихся на все более и более далеких расстояниях.

Были обнаружены скопления и целые «облака» галактик.

В 1941 г. работы Хаббла были прерваны второй мировой войной, когда он был привлечен к участию в военно-технических мероприятиях. После войны он возобновил свои исследования на обсерватории Маунт-Вильсон и одновременно принял деятельное участие в проектировании новой обсерватории на горе Паломар с величайшим в мире рефлектором (с зеркалом диаметром 508 *см*), который был установлен на этой обсерватории в послевоенные годы.

Хаббл скончался в 1953 г. Он был одним из самых выдающихся и талантливых астрономов нашей эпохи и пионером изучения далеких звездных систем, похожих на систему нашего Млечного Пути.

Наше время — эпоха непрерывного и необычайно быстрого расширения знаний о Вселенной и проникновения во всё более далекие ее глубины с помощью не только спектрального анализа и фотографии, но и нового мощного орудия — р а д и о и с с л е д о в а н и й.

Открытие радиоволн послужило основанием для развития новой области астрономии — радиоастрономии. О ней можно прочесть на стр. 430.

Самые последние годы принесли с собой открытия, уточнившие наши представления о расстояниях до галактик и об их размерах, а тем самым и о масштабах той части Вселенной, которая доступна для изучения с помощью современных телескопов. Так, по последнему определению, расстояние до галактики в Андромеде составляет 2 300 000 световых лет. Это один из гигантов мира галактик, в котором наша звездная система не занимает первого места, хотя она и очень крупная система.

В 1953 г. было установлено, что наша звездная система и множество других образуют систему более высокого порядка. Ее центром является скопление галактик в созвездии Девы. Это сверхскопление галактик — одно из многих.

Есть все основания считать, что все известные в настоящее время сверхскопления галактик входят в состав еще более грандиозной космической системы — Метагалактики, до границ которой мы еще не дошли.

Мы можем гордиться, что в решении основных вопросов современной астрономии выдающееся значение имеют труды советских астрономов. Но в то же время мы уважаем и труды выдающихся астрономов других стран, которые вместе с нашими учеными выясняют строение и развитие Вселенной. Одним из таких выдающихся астрономов XX в. был Эдвин Хаббл.

ГРИГОРИЙ АБРАМОВИЧ ШАЙН

Жизнь Григория Абрамовича Шайна (1892—1956) — выдающегося советского ученого, одного из крупнейших астрофизиков нашей эпохи — ярчайший пример неустанного творческого научного труда, увенчанного важными и плодотворными достижениями.

Г. А. Шайн родился и вырос в Одессе. Он был сыном бедного ремесленника. С ранних лет интересуясь различными областями науки и искусства, Григорий Абрамович с большим трудом прокладывал себе путь к образованию. Материальная необеспеченность семьи лишила будущего ученого возможности учиться в гимназии, и он учился самостоятельно. В возрасте 19 лет Шайн сдал экстерном экзамен за полный курс гимназии. Но еще до этого Григорий Абрамович начал успешно заниматься своей любимой астрономией. Стремясь глубже овладеть этой наукой, он с исключительной настойчивостью изучал математику и физику. Уже тогда он с особенным увлечением вел наблюдения неба с крыши дома при помощи простейших астрономических приборов. Он познакомился с астрономами Одесской университетской обсерватории, и был допущен ими к работе на обсерватории. Ко времени сдачи экзаменов за среднюю школу Григорий Абрамович имел уже печатную работу — исследование орбиты одного из метеорных потоков.

С 1912 г. Г. А. Шайн учился в Юрьевском университете (ныне г. Тарту в Эстонской ССР). Потом, уже окончательно специализировавшись по астрономии, он работал ассистентом профессоров астрономии в Пермском и Томском университетах. С 1921 г. Григорий Абрамович стал астрономом Пулковской обсерватории, а с 1923 г. работал в ее южном — Симеизском — отделении.

В эти годы определилось основное направление последующих трудов Г. А. Шайна. Григорий Абрамович поставил задачей своей жизни исследование физической природы звезд, туманностей и строения звездных систем. Он в совершенстве овладел методами спектрального анализа и фотографии небесных тел; его учителем был А. А. Белопольский (см. стр. 486).

В 1924 г. на Симеизской обсерватории был установлен рефлектор с зеркалом в 102 *см*, долгое время остававшийся одним из крупнейших в Европе. Григорий Абрамович руководил установкой этого рефлектора и получил его в свое распоряжение. Он использовал этот мощный инструмент для спектральных исследований звезд. Вместе с другим симеизским астрономом — В. А. Альбицким (1891—1952) Шайн определил лучевые скорости большого числа звезд.

В свое время еще Галилей, наблюдая в миниатюрный телескоп перемещение пятен на диске Солнца, сделал правильный вывод, что Солнце вращается вокруг своей оси, чем и объясняется явление перемещения пятен. Но Солнце — одна из бесчисленных звезд. Следовательно, и звезды должны вращаться. Но даже и в крупнейшие современные телескопы звезды представляются светящимися точками. Нечего было и думать о возможности увидеть на звездах какие-либо детали, подобные солнечным пятнам, по перемещениям которых можно было бы установить вращение звезд. Оно могло быть установлено только путем тончайших спектральных исследований, основанных на применении принципа Допплера (см. стр. 487). Такие исследования и выполнил Григорий Абрамович одновременно и в контакте с выдающимся астрономом О. Л. Струве (правнуком В. Я. Струве), работающим в США. Было не только установлено, что звезды вращаются, но и измерена скорость этого вращения. При этом оказалось, что самые горячие звезды вращаются со скоростью в сотни километров в

Г. А. Шайн.

секунду на их экваторах, тогда как скорость вращения Солнца на его экваторе составляет только 2 *км/сек*.

Открытие вращения звезд и исследование их лучевых скоростей наряду с другими трудами, выполненными в те же годы, создали Григорию Абрамовичу широкую известность среди астрономов всех стран. В 1939 г. он был избран академиком, а затем членом старейшего в мире Лондонского астрономического общества.

Работа Г. А. Шайна в Симеизе была прервана Великой Отечественной войной 1941—1945 гг. Заняв Крым, немецко-фашистские захватчики разрушили Симеизскую обсерваторию. Ее 102-сантиметровый рефлектор не удалось эвакуировать, и он попал в руки врагов, которые вывезли рефлектор в Германию и привели в полную негодность.

В грозные годы войны, несмотря на все трудности, Григорий Абрамович продолжил свои исследования в Абастумани, на обсерватории Академии наук Грузинской ССР. Немедленно после освобождения Крыма Г.А. Шайн и другие астрономы вернулись в Симеиз.

Советское правительство и Академия наук СССР приняли решение не только восстановить Симеизскую обсерваторию, но и построить поблизости, в селе Партизанском, новую мощную обсерваторию, с тем чтобы обе обсерватории составили одно научное учреждение — Крымскую астрофизическую обсерваторию Академии наук СССР, самую крупную в стране и одну из крупнейших в мире. Академик Г. А. Шайн был назначен директором новой обсерватории, и ему выпала труднейшая задача руководить строительством обсерватории и оборудовать ее первоклассными инструментами и приборами. Григорий Абрамович с исключительной энергией решал эту задачу.

В эти же послевоенные годы, как только вновь были установлены на обсерватории первые инструменты, Григорий Абрамович продолжал свою исследовательскую работу.

Перед советской и мировой наукой встала важнейшая задача — выяснить вопрос о происхождении и развитии звезд и звездных систем.

В первой половине XX в. изучение звезд раскрыло великое многообразие звездного мира. Было открыто, что звезды по их размерам и силе света делятся на гиганты и карлики; астрономы уточнили различия звезд по особенностям их спектров, собрали много данных о массах и температурах звезд, об их движениях и о распределении их в пространстве. Все это привело астрономов к выводу, что существующие ныне звезды имеют различный возраст: они не возникли одновременно. Возникновение звезд продолжается и теперь.

Но из чего возникают звезды? Очевидно, из других форм вещества, которые присутствуют в нашей и других звездных системах, и притом в таком количестве, чтобы быть материалом для образования звезд. Такой формой вещества могут быть газовые и газово-пылевые туманности. В нашей Галактике (как и в других) они обнаружены в большом числе. Их плотность ничтожна, но размеры их огромны по сравнению с размерами звезд, и общая их масса сравнима с массой всех звезд Галактики. Следовательно, тщательное изучение газовых туманностей необходимо для решения вопроса о происхождении звезд и самих туманностей. Огромный вклад в изучение туманностей был сделан Г. А. Шайном.

Григорий Абрамович не ограничился исследованием уже известных газовых туманностей. Он обнаружил в нашей и других галактиках множество новых газовых туманностей, состоящих из разреженного водорода, не видимых глазом в телескоп и улавливаемых только путем фотографирования их особыми способами. Шайн со своими сотрудниками открыл свыше 300 таких туманностей. Выяснилось, что некоторые из туманностей не бесформенные массы газа, а имеют ярко выраженное волокнистое строение и в них происходят разнообразные физические (в частности, магнитные) явления. Оказалось, что многие из туманностей имеют огромные массы — в тысячи раз больше массы Солнца. Многие из своих исследований, посвященных туманностям, Григорий Абрамович выполнил вместе со своей сотрудницей — талантливым астрономом Верой Федоровной Газе (1899—1954).

Выдающееся значение имеют и другие исследования Г. А. Шайна. В особенности важны его труды по изучению звезд с обильным содержанием углерода. Он много и успешно занимался также изучением спектрально-двойных звезд и другими вопросами.

Григорий Абрамович не обладал крепким здоровьем. В 1952 г. он вынужден был просить об освобождении его от работы директора обсерватории. Просьба его была удовлетворена. Но научная энергия его оставалась неистощимой до последних дней жизни.

Первое знакомство с небом

САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

КАК НАХОДИТЬ СОЗВЕЗДИЯ

Во всяком месте на Земле можно наблюдать вращение неба вокруг оси мира, и при этом та часть неба, которая близка к полюсу, бывает видна всегда. С нее-то и нужно начинать наблюдения. В этой части неба основные созвездия такие: Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Цефей, Дракон. Найдите прежде всего эти созвездия на небе при помощи карты. После этого изучите на ней созвездия Пегаса, Андромеды, Персея, Возничего, Волопаса, Северной Короны, Геркулеса, Лиры и Лебедя. Все эти созвездия, так же как и приведенные дальше, видимы не всегда, а лишь в определенное время года. Затем ознакомьтесь с созвездиями: Рыбы, Овен, Близнецы, Телец, Кит, Орион, Малый Пес, Большой Пес, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Змееносец, Орел, Стрелец, Водолей, Козерог. Начинать изучение звездного неба надо обязательно с первой группы созвездий и — смотря по времени года — постепенно переходить к следующим из названных созвездий.

Чтобы облегчить это, пользуйтесь нижеприведенной справочной таблицей основных созвездий, наблюдаемых в нашей стране.

ОСНОВНЫЕ СОЗВЕЗДИЯ

Название	Характерное расположение звезд (фигура)	Как найти	Когда видно
Большая Медведица	Кастрюля (ковш), ручка загнута книзу		Всегда
Малая Медведица	Кастрюля (ковш), ручка загнута кверху	Через две крайние звезды Б. Медведицы (α и β) проведите линию и найдите Полярную звезду. Она находится в конце ручки кастрюли М. Медведицы	Всегда
Кассиопея	Буква *W*, в разное время повернутая по-разному	От средней звезды ручки ковша Б. Медведицы проведите линию через Полярную звезду и дальше на такое же расстояние	Всегда
Цефей	Похож на домик с острой крышей	От средней звезды ручки ковша Б. Медведицы ведите линию через середину ковша М. Медведицы и дальше. Созвездие Цефея рядом с Кассиопеей	Всегда
Дракон	Это большое созвездие, которое как бы огибает М. Медведицу. Часть этого созвездия — голова Дракона — имеет вид небольшого четырехугольника, а хвост тянется сначала в сторону Цефея, а потом поворачивается в сторону М. Медведицы	Наиболее легко отыскать голову Дракона: ее можно найти, продолжив линию, соединяющую Полярную звезду с соседней звездой в ручке ковша М. Медведицы. Можно также провести линию через середину Кассиопеи и Цефея	Всегда
Лебедь	Похож на летящий самолет. Верхняя звезда (Денеб) самая яркая	Линия от Полярной звезды через две звезды Цефея. Далее на две трети расстояния между этими звездами	Весной, летом и осенью
Персей	Три звезды почти по одной линии и одна под ними (Алголь)	Продолжить линию через две звезды Кассиопеи	Почти весь год (частично скрывается в северной части горизонта поздней весной)
Возничий	Большой пятиугольник с яркой звездой (Капеллой) в правом верхнем углу	Слева от Персея (или по линии от головы Дракона через Полярную звезду и далее на такое же угловое расстояние)	Так же, как и Персей
Лира	Похожа на небольшой параллелограмм, над верхней частью которого — яркая звезда (Вега)	На продолжении линии от Дракона через крайнюю звезду головы Дракона	Весной, летом и осенью

ОСНОВНЫЕ СОЗВЕЗДИЯ

Название	Характерное расположение звезд (фигура)	Как найти	Когда видно
Геркулес	Три наиболее яркие звезды образуют треугольник, острый конец которого обращен книзу и несколько влево. Но это — часть созвездия. Верхняя часть его похожа на трапецию. Внизу наиболее яркая звезда	По правую сторону от Лиры	Весной и летом
Волопас	Похож на вытянутый к нижнему углу четырехугольник с яркой звездой (Арктур) внизу	Продолжить линии двух крайних звезд у ручки ковша Б. Медведицы	В конце зимы, весной и летом
Андромеда и Пегас	Пегас образует большой квадрат (квадрат Пегаса). Андромеда — три звезды влево вверх от крайней звезды Пегаса. Все эти звезды вместе тоже напоминают большой ковш	Линия от Полярной звезды через крайнюю звезду Кассиопеи	В конце лета, осенью, в начале зимы в южной половине небосвода
Северная Корона	Полукруг звезд, обращенный книзу; самая яркая звезда (Гемма) находится в середине полукруга	Слева от верхней левой звезды Волопаса	Всегда
Орион	Большой четырехугольник с тремя звездами посредине, расположенными несколько наискось. В левом верхнем углу яркая красная звезда (Бетельгейзе). В правом нижнем углу — яркая звезда (Ригель)	Под созвездием Возничего, если провести линию от Полярной звезды через Возничего (Капеллу) на такое же расстояние	Осенью и зимой в южной стороне
Телец	Треугольник из звезд, из которых одна самая яркая и красноватая (Альдебаран). Это голова Тельца, а его рога идут по направлению к Возничему	Между Возничим и Орионом	Осенью и зимой
Близнецы	Большой прямоугольник, косо расположенный, с двумя яркими звездами (Кастор и Поллукс) в верхней короткой стороне	Влево от Возничего и Ориона	В конце осени, зимой и ранней весной
Большой Пес	Тупоугольный треугольник, в верхнем углу самая яркая звезда нашего неба (Сириус)	По линии трех средних звезд пояса Ориона влево	Зимой
Малый Пес	Короткая линия из двух звезд, причем левая—яркая (Процион)	Ниже Близнецов, слева от Ориона	Осенью, зимой и ранней весной

ОСНОВНЫЕ СОЗВЕЗДИЯ

Название	Характерное расположение звезд (фигура)	Как найти	Когда видно
Лев	Похож на утюг, с яркой звездой (Регул) в правом нижнем углу утюга	От Полярной звезды через две крайние звезды ковша Б. Медведицы и далее на такое же расстояние	Зимой и весной
Дева	Большой четырехугольник, похожий на косой парус; в левом нижнем углу яркая звезда (Спика)	Между Волопасом и Львом, но несколько ниже	Весной, летом
Скорпион	Треугольник с яркой красной звездой (Антарес) в левом нижнем углу	Справа вниз от Орла в направлении от Полярной звезды через правую крайнюю звезду Геркулеса и далее на такое же расстояние	Весной и в начале лета в южной стороне

Так можно находить созвездия при помощи астрозонта.

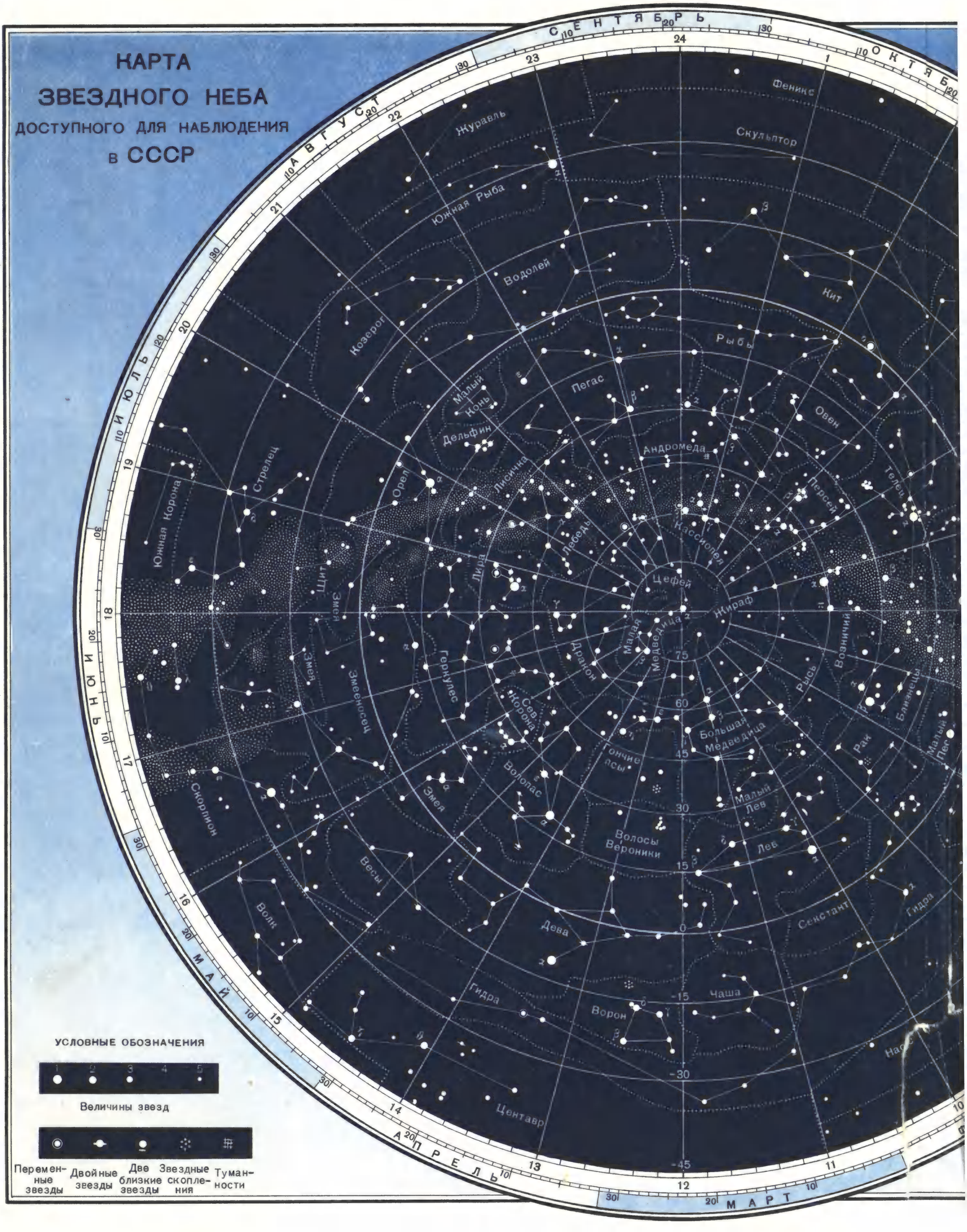
С другими созвездиями можно ознакомиться также, пользуясь общей картой звездного неба. При этом надо по карте заметить, какие из известных вам созвездий находятся поблизости (справа, слева, сверху, снизу) от того, которое вы отыскиваете.

Если, например, надо найти созвездие Рака, то по карте видно, что справа — Близнецы, слева — Лев.

Необходимо помнить, что для знакомства со звездным небом недостаточно только прочитать описание созвездий, надо непременно самому отыскать их на небе, запомнить их взаимное расположение и названия наиболее ярких звезд.

В разные часы ночи и в разное время года вследствие вращения неба одно и то же созвездие бывает видно в разных частях небосвода. Например, Б. Медведица осенью видна вечером (около 21 часа) в северной части небосвода, а под утро, перед восходом Солнца, в восточной части (ручкой кастрюли вниз). Зимой вечером это созвездие видно в восточной части небосвода, весной — высоко над головой, летом — в западной (ручкой кастрюли вверх). Самое важное — знать основные пять созвездий, всегда видимые в СССР (см. стр. 494).

Чтобы легко и быстро ознакомиться с главными созвездиями, можно сделать большую

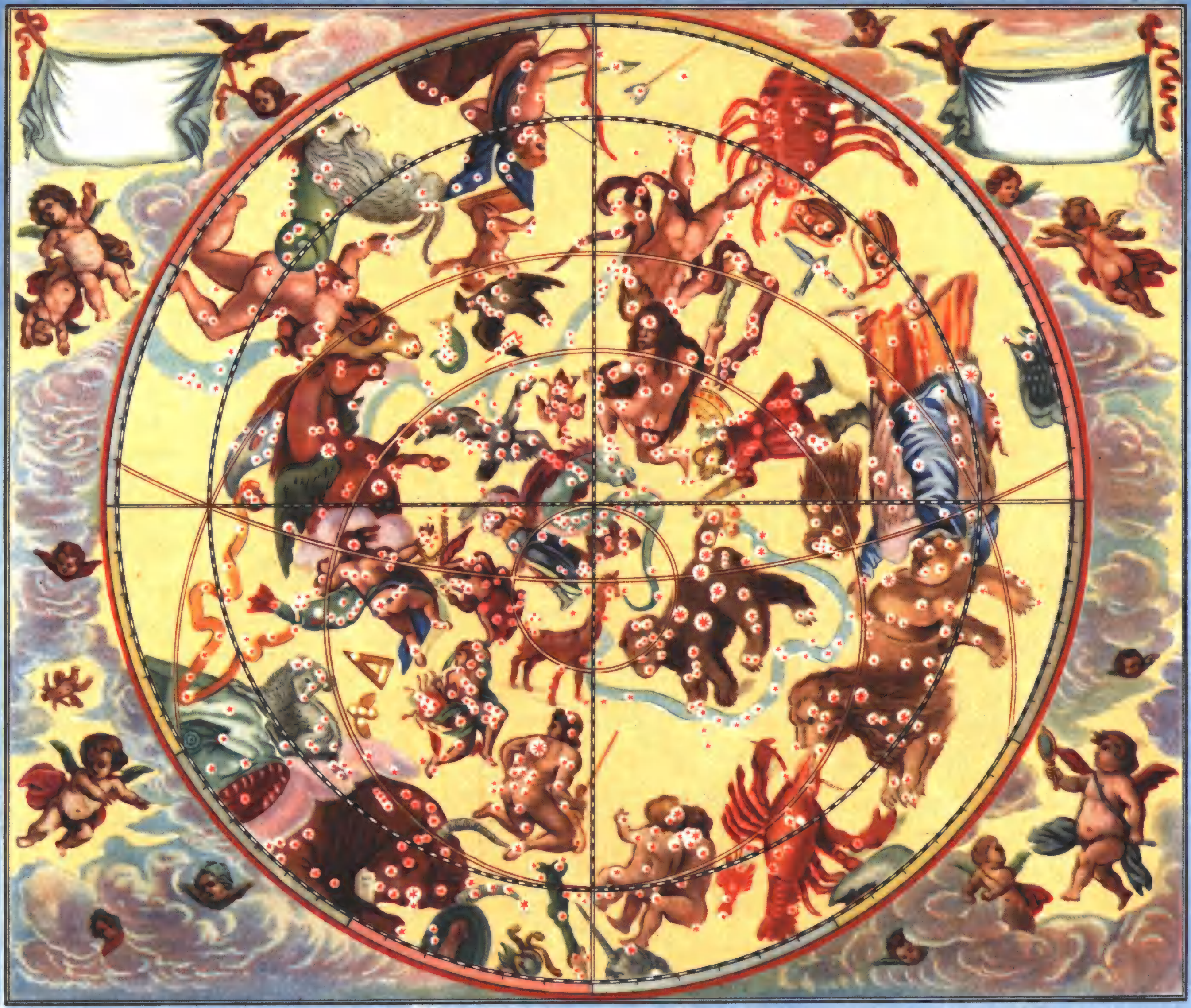

КАРТА
ЗВЕЗДНОГО НЕБА
ДОСТУПНОГО ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ
в СССР
СЕНТЯБРЬ
ОКТЯБРЬ
АВГУСТ
ИЮЛЬ
ИЮНЬ
МАЙ
АПРЕЛЬ
МАРТ
Феникс
Скульптор
Журавль
Южная Рыба
Водолей
Кит
Козерог
Рыбы
Малый Конь
Пегас
Овен
Дельфин
Андромеда
Телец
Орел
Лисичка
Персей
Стрелец
Южная Корона
Щит
Лебедь
Кассиопея
Лира
Цефей
Змея
Жираф
Малая Медведица
Дракон
Возничий
Геркулес
Змееносец
Рысь
Близнецы
Сев. Корона
Большая Медведица
Гончие Псы
Волопас
Рак
Малый Пес
Скорпион
Малый Лев
Волосы Вероники
Лев
Весы
Секстант
Гидра
Волк
Дева
Чаша
Ворон
Центавр
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
Величины звезд
Перемен-ные звезды
Двойные звезды
Две близкие звезды
Звездные скопле-ния
Туман-ности

СПОСОБ НАХОЖДЕНИЯ ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЫ

СТАРИННАЯ ЗВЕЗДН

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

α	альфа	ι	йота	ρ	ро
β	бета	κ	каппа	σ	сигма
γ	гамма	λ	ламбда	τ	тау
δ	дельта	μ	ми	υ	ипсилон
ε	эпсилон	ν	ни	φ	фи
ζ	дзета	ξ	кси	χ	хи
η	эта	ο	омикрон	ψ	пси
ϑ	тета	π	пи	ω	омега



СТАРИННАЯ ЗВЕЗДНАЯ КАРТА С ИЗОБРАЖЕНИЕМ ФИГУР СОЗВЕЗДИЙ

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

ι	йота	ρ	ро
κ	каппа	σ	сигма
λ	ламбда	τ	тау
μ	ми	υ	ипсилон
ν	ни	φ	фи
ξ	кси	χ	хи
ο	омикрон	ψ	пси
π	пи	ω	омега

ФОТОГРАФИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД ВОКРУГ ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЫ, ПОЛУЧЕННАЯ НЕПОДВИЖНЫМ ФОТОАППАРАТОМ

складывающуюся звездную карту. Для этого очень удобно использовать обыкновенный дождевой зонт. На внутренней стороне такого зонта наметьте мелом, пользуясь картой, главные звезды созвездий и очертания созвездий так, чтобы в середине была Полярная звезда. Затем белыми нитками вышейте изображения звезд, делая их тем крупнее, чем они ярче, и мелом напишите названия созвездий.

Вечером, взяв с собой фонарик, выйдите на открытое место, встаньте под зонтом, держите ручку зонта в направлении Полярной звезды. Найдите на небе созвездие Большой Медведицы и поверните зонт вокруг ручки так, чтобы это созвездие на зонте было расположено так же, как и на небе. Закрепив зонт в этом положении, смотрите то на изображение созвездий на внутренней поверхности зонта, пользуясь фонариком, то на небо, погасив фонарик. Каждое созвездие на небе при такой установке будет видно по тому же направлению, как и от наблюдателя под зонтом (рис. на стр. 496).

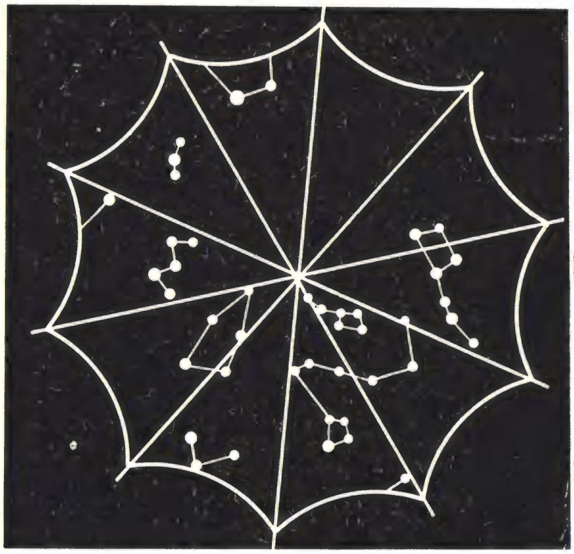


Схема развертки астрозонта.

В комнате, освещая фонариком внутреннюю часть зонта, можно заранее ознакомиться с этими созвездиями. У нас получится как бы маленький переносный «звездарий», которым могут пользоваться сразу несколько человек. Счистив названия созвездий, можно устроить на зонте и «немую» карту звездного неба и проверять по ней свои знания созвездий на небе.

ЧТО ЕЩЕ МОЖНО НАБЛЮДАТЬ НА ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ ПРОСТЫМ ГЛАЗОМ

Даже и простым глазом можно наблюдать, как изменяются и передвигаются небесные светила. Легче всего заметить передвижение Луны. Если вы заметите положение Луны среди звезд какого-нибудь созвездия, а через полчаса или час посмотрите на нее снова, то обнаружите, что Луна переместилась на звездном фоне.

За час Луна передвигается на величину своего диаметра. Если какая-нибудь звезда находится слева от Луны на расстоянии, немного меньшем поперечника Луны, то можно заметить, как Луна приближается к этой звезде. А если звезда видна у самого левого края Луны, то она скрывается за ним через несколько минут. Уже через час или даже раньше можно заметить, что та же звезда появилась из-за правого края Луны. Особенно интересно наблюдать такое «покрытие» звезд Луной в то время, когда Луна выпуклостью лунного диска обращена вправо (время от новолуния до полнолуния). Левая сторона лунного шара в это время не освещена Солнцем, и Луна, закрывая звезду своим темным краем, слабо светится вследствие «пепельного» света (см. стр. 370). Наблюдать движение планет труднее, чем замечать движение Луны.

Отличить планету от звезд можно даже невооруженным глазом: звезды мерцают, а планеты светят спокойным, ровным светом.

«Покрытие» Луной звезд. На первом рисунке—Луна движется влево и ее неосвещенный край близок к звезде. При таком положении, как на рисунке, покрытие будет через $^1/_4$ часа. На втором рисунке — Луна сию секунду закроет звезду. На третьем рисунке — Луна передвинулась влево и звезда стала видна у правого края.

Некоторые планеты настолько ярки, что их легко заметить на звездном небе. Самое важное и интересное — это то, что планеты передвигаются по небу на фоне звезд. Чтобы заметить их движение невооруженным глазом, нужно повторять наблюдения через несколько суток в течение 1—2 месяцев. Планеты бывают видны в 12 созвездиях, которые называются зодиакальными. Это—Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы. Эти созвездия бывают видны в южной стороне небосвода.

По астрономическому календарю[1] можно узнать, в каком созвездии находится планета в данное время. Когда вы найдете на небе планету, сделайте на прозрачной бумаге копию карты того созвездия, где в данное время находится наблюдаемая вами планета. На этой копии с карты точно отмечайте места, где была видна планета, какого числа, месяца и года. Иногда уже через несколько дней можно заметить, что планета передвинулась. Но так бывает редко. Обычно перемещение становится хорошо заметным только через несколько недель. Планета Марс движется быстро, Юпитер — медленнее. Если наблюдать все время, пока видна планета, можно заметить, что она движется сначала в одну сторону, потом останавливается и начинает двигаться в другую сторону. Это — видимое движение планеты. О том, как планеты движутся на самом деле и какова природа планет, подробно рассказано в статье на стр. 386—397.

Планеты, подобно Земле, своего света не излучают и заметны только потому, что освещаются Солнцем. Они находятся сравнительно недалеко от Земли, и в бинокль или астрономическую трубу видны как маленькие кружочки-диски.

В отличие от планет звезды светят сами. Они так далеки от нас, что даже в самые сильные телескопы похожи на светлые точки, а не на диски.

Свет от звезд и от планет приходит к нам сквозь атмосферу из безвоздушного пространства. Воздух никогда не бывает совсем спокойным, он все время колеблется. Эти колебания отклоняют пути световых лучей, идущих от звезды. Поэтому мы и видим, что звезда как будто дрожит, мерцает. От планеты же, видимой как кружок, состоящий из множества светлых точек, идет много таких лучей, и каждый из них тоже мерцает, но, когда один из лучей ослабляется, другой, наоборот, усиливается. Этих лучей так много, что все они сливаются; поэтому и свет от планеты нам кажется спокойным, немерцающим. Кроме движения звезд, простым глазом можно заметить и различия в их цвете.

Если вы будете сравнивать цвет таких ярких звезд, как Вега, Капелла, Арктур, Альдебаран, Бетельгейзе, Антарес, то заметите, что одни из них белые, другие желтоватые, а есть и красные. Это происходит потому, что их температуры неодинаковы: чем ниже температура звезды, тем она краснее. Заметить невооруженным глазом цвет более слабых звезд труднее.

Посмотрите на среднюю звезду в ручке ковша Большой Медведицы. Если у вас острое зрение, то вы заметите, что около нее есть еще одна, еле видимая звездочка. В бинокль обе эти звезды видны вполне отчетливо. Такие звезды есть и в других созвездиях. Эти звезды называют двойными.

В созвездии Геркулеса между звездами η (эта) и ζ (дзета) вы увидите в бинокль слабо светящееся маленькое светлое пятнышко. На самом деле это скопление множества звезд, находящихся от нас так далеко, что для невооруженного глаза все они сливаются в одно светлое сияние. Это шаровое звездное скопление. Но есть и такие скопления, в которых даже невооруженным глазом можно заметить отдельные звезды. Особенно легко разглядеть скопление в созвездии Тельца — его называют Плеядами. Таких скоплений на небе много, однако большинство из них видно только в астрономические трубы.

Около звезды ϑ (тета) в созвездии Ориона видно в бинокль как бы туманное и слабо светящееся облачко. Это туманность Ориона — огромнейшее облако разреженного и светящегося газа. Невооруженным глазом туманность Ориона заметить трудно.

Невооруженным глазом можно также заметить изменение блеска звезд. В созвездии Цефея, которое всегда бывает видно, есть звезда δ (дельта). Она становится то ярче, то слабее потому, что ее размеры и температура периодически меняются. Дельта Цефея повторяет изменения своего блеска примерно через 5 суток и 9 часов. В этом можно убедиться, если смотреть на нее каждый вечер и записывать, с

[1] «Школьный астрономический календарь» Учпедгиза; «Астрономический календарь» Всесоюзного астрономического геодезического общества; «Краткий астрономический календарь» (см. стр. 531).

какой из соседних звезд одинаков ее блеск. Звезды, у которых меняется блеск, назвали переменными звездами.

КАК СДЕЛАТЬ ТЕЛЕСКОП ИЗ СТЕКОЛ ДЛЯ ОЧКОВ

Если у вас нет настоящего телескопа, вы можете построить небольшой самодельный из обыкновенных двояковыпуклых стекол для очков, которые продаются в аптеках. Если такое стекло направить на какой-нибудь далекий предмет, а за стеклом передвигать лист белой бумаги, то на бумаге получится перевернутое изображение предмета. Расстояние от стекла до изображения называют главным фокусным расстоянием.

У каждого стекла есть свое главное фокусное расстояние. Легче всего заметить изображение и измерить главное фокусное расстояние, если направить стекло на солнце. Но не нужно долго держать бумагу: она может загореться, потому что стекло собирает много тепла.

Если через двояковыпуклое стекло рассматривать не очень далекие предметы, они покажутся близкими и большими. Обычно для этого применяют более толстые в середине стекла: у них главное фокусное расстояние небольшое, всего несколько сантиметров. Двояковыпуклые стекла для рассматривания близких предметов называют лупами. Лупу можно купить в магазине.

В телескопах есть два двояковыпуклых стекла. Первое (его называют объективом) имеет фокусное расстояние в десятки или сотни сантиметров; оно дает изображение. Второе стекло — это лупа. Через нее можно рассматривать это изображение. Лупу в телескопах называют окуляром. Окуляр имеет фокусное расстояние всего в несколько сантиметров.

Если установить объектив и окуляр друг от друга на расстоянии, равном сумме их фокусных расстояний, и, наведя на отдаленный предмет, посмотреть через окуляр, то этот предмет покажется ближе и больше.

Число, которое указывает, во сколько раз предмет кажется в телескопе больше, чем для невооруженного глаза, называют увеличением трубы. Его можно приблизительно определить, глядя на далекий предмет одним глазом через эти стекла, а другим — непосредственно. Но точнее можно определить увеличение трубы, если измерить фокусное расстояние каждого стекла, а затем разделить главное фокусное расстояние объектива на главное фокусное расстояние окуляра. Частное от деления и будет показывать увеличение. Например, если главное фокусное расстояние объектива 100 *см*, а окуляра 5 *см*, то увеличение будет 100 : 5=20.

Но увеличение телескопов ограниченно. Даже в специально построенных телескопах нельзя получать любые увеличения (потому что объективы дают не вполне четкие изображения). А при больших увеличениях каждая, даже и очень малая, нечеткость становится заметной. Тем более нельзя получать большие увеличения, используя простые выпуклые стекла для очков, которые имеются в аптеке.

Наилучшие увеличения для самодельной трубы — от 20 до 40 раз. Их можно получить подбором разных стекол, но удобнее для объектива выбрать стекла с не очень большим фокусным расстоянием, чтобы труба не была слишком длинной и громоздкой. Лучше всего приобрести стекло для объектива с фокусным расстоянием 100 *см*, а для окуляра — с фокусными расстояниями 5 или 2,5 *см*.

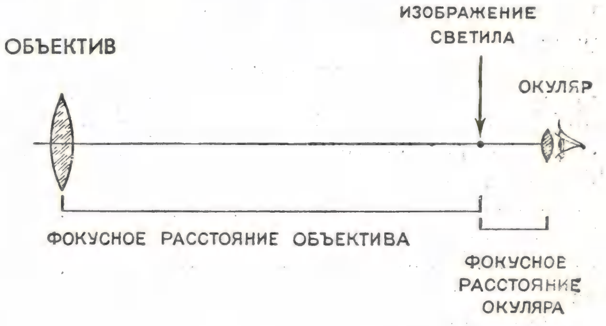


Схема астротрубы.

Два стекла для двух разных окуляров нужны потому, что одни светила, например Луну, лучше рассматривать с увеличением в 40 раз, а другие, менее яркие, — с увеличением в 20 раз.

Для объектива вполне годятся те самые выпуклые стекла, которые вставляют в очки. Такие стекла называются конвексом. Их свойства обозначаются диоптриями [1]. Если конвекс имеет 2 диоптрии, то, не делая изме-

[1] Диоптрия — единица измерения преломляющей силы оптических стекол, например стекол для очков. При фокусном расстоянии в 1 *м* преломляющая сила равна 1 диоптрии.

рений, можно рассчитать его главное фокусное расстояние. Для этого достаточно 100 *см* разделить на два. А чтобы рассчитать число диоптрий по главному фокусному расстоянию, нужно 100 *см* разделить на главное фокусное расстояние, выраженное в сантиметрах. Так как в аптеках стекла обозначают диоптриями, то мы даем таблицу, в которой указано число диоптрий и фокусное расстояние некоторых стекол.

Число диоптрий	Главное фокусное расстояние в *см*
20	5
10	10
5	20
4	25
3	33
2	50
1,5	67
1,0	100
0,75	133

Если в магазине не будет стекла ровно в 1 диоптрию, то берите такое, чтобы его число диоптрий мало отличалось от единицы, например 1,25 или 0,75. Тут же подберите и небольшую лупу. Ее фокусное расстояние можно определить сразу. Для этого надо направить лупу на какой-нибудь светящийся предмет (например, лампочку) и посмотреть, где получается изображение. Если на оправе лупы указано увеличение (например, ×5), то ее фокусное расстояние можно найти, разделив 25 *см* на это увеличение.

Успешно наблюдать небесные светила в астрономическую трубу можно только в том случае, если она устойчиво стоит на какой-нибудь подставке. Если держать ее в руках, то нельзя увидеть подробности на светиле: ведь рука обязательно будет едва заметно дрожать, а эта дрожь при рассматривании светила в трубу становится более заметна. Кроме того, в телескоп видна только небольшая часть неба, и навести трубу на звезду или какую-нибудь планету нелегко. Поэтому все трубы для астрономических наблюдений делают всегда на подставках, которые называют штативами. Штатив имеет приспособление, облегчающее наводку, — искатель.

На стр. 501 внизу изображена самодельная труба в собранном виде. Она стоит на треногом штативе, и ее можно поворачивать вправо, влево, вверх и вниз; сбоку на ней есть две пластинки (одна с маленьким отверстием — глазком), служащие искателем.

Прежде чем наблюдать небо, сделайте трубу с искателем, а затем и штатив. Если у вас есть крепкая фотографическая тренога со штативной головкой, то можно прикрепить трубу прямо к этой головке.

Для трубы телескопа можно взять легкую металлическую трубку или скатать трубку из плотной бумаги, проклеив ее. Так как трубка должна быть длиной в 1 *м* и не прогибаться, ее можно укрепить на деревянной планке. На рисунке на стр. 501 показано, как это делается.

Из жести от консервной банки или из толстого картона вырежьте ножницами стойку для объектива так, как это показано на рисунке. Внутри стойки прорежьте круглое отверстие, чтобы его поперечник был на 5—8 *мм* меньше стекла объектива. Прорежьте жесть в трех местах так, чтобы можно было, загнув полоски вверх, вложить объектив. Затем осторожно (не раздавив стекла — оно тонкое) загните полоски и закрепите объектив. В отогнутой вниз полосе заранее пробейте два небольших отверстия для шурупов, причем одно из них несколько больше диаметра шурупа (они нужны для того, чтобы привинчивать объектив к деревянной планке).

Теперь приготовьте ровную, хорошо отструганную планку прямоугольного сечения (в разрезе) со сторонами 3×4 *см*. Ровно по середине планки проведите по линейке прямую линию. Привинтите шурупами с круглой головкой в передней ее части стойку с объективом так, чтобы она шла как раз поперек (под прямым углом) проведенной линии. Измерьте расстояние от середины объектива до планки (в миллиметрах).

Скатайте из плотной бумаги трубку длиной 10 *см*. Ее поперечник должен быть вдвое больше, чем расстояние от середины объектива до планки. Чтобы это сделать лучше и точнее, возьмите круглую деревянную скалку, трубку или даже аптечную склянку с подходящим поперечником. Скалку или склянку положите на край бумаги и оберните ее бумагой. После одного оборота оставшуюся часть бумаги промажьте (но не густо) клеем и еще раз оберните. Так нужно делать до тех пор, пока не накатается бумага в 2—3 *мм* толщины. Когда трубка будет готова, поставьте ее в сухое место для просушивания. Только после этого осторожно снимайте трубку, слегка вращая ее.

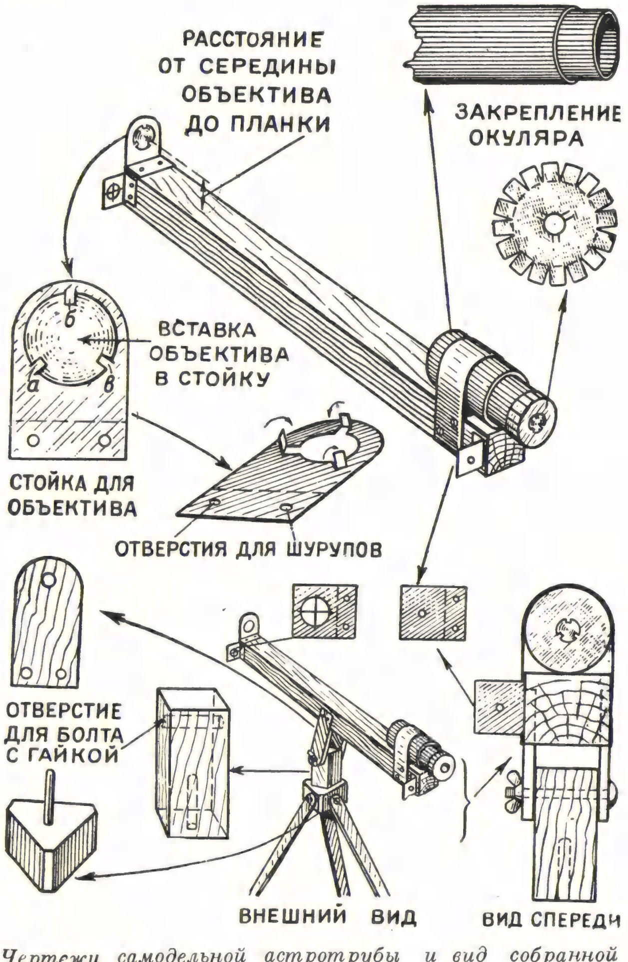
Таким же способом сделайте вторую трубку такой же длины, которая плотно входила бы в первую. Обе трубки будут служить для окуляра.

Бóльшую трубку надо прикрепить к планке; меньшая будет в нее вдвигаться и выдвигаться так, чтобы четко видеть изображение рассматриваемого предмета.

Для укрепления окуляра вырежьте из жести кружок поперечником на 3 *см* больше, чем поперечник меньшей трубки; прорежьте на нем отверстие и укрепите окуляр так же, как и объектив.

Выступы кружка из жести загните и, наложив кружок на меньшую (вдвижную) трубку, ровно замотайте мягкой проволокой для звонков.

Перед окончательной установкой надо отметить место главного фокуса объектива. Направьте днем планку с объективом на отдаленный предмет или на Солнце и, передвигая белую бумажку или матовое стекло там, где должен быть фокус, отметьте карандашом на планке место, где получается самое четкое изображение. Затем спилите планку, отступя от отметки на 2 *см* в сторону объектива.



Чертежи самодельной астротрубы и вид собранной трубы.

В этом месте и надо прикрепить широкую трубку окуляра так, чтобы ее край приходился вровень с обрезом и направление трубки шло по направлению прочерченной линии.

Наиболее прочно можно прикрепить трубку окуляра полосками из жести, охватывающими трубку и привинченными к сторонам планки (см. рисунок внизу).

Окулярную трубку и стекла окуляра можно сделать и другими способами.

Для хорошей видимости важно, чтобы трубка окуляра была направлена на объектив, а середина окуляра была на том же расстоянии от планки, что и середина объектива. Кроме того, надо, чтобы объектив и окуляр стояли точно поперек планки. Пространство от объектива до окуляра пока еще открыто, и в окулярную трубку попадает свет сбоку. Это мешает наблюдениям. Чтобы посторонний свет не мешал, можно куском черной бумаги закрыть все пространство между объективом и окуляром. Наиболее подходит для этого черная фотобумага (в которую завертывают фотопластинки). Приготовьте цельный (или склеенный из отдельных кусков) лист такой бумаги, потом наложите его на стойку объектива и окулярную трубку, а края бумаги заверните и кнопками прикрепите к планке. Таким образом у вас получится труба на деревянной жесткой основе.

Надо сделать искатель к трубе, потому что в трубу видна только небольшая часть неба и юному астроному трудно «нацелиться» на светило.

Искатель к трубе делается также из жести в виде двух пластинок. В одной есть большое круглое отверстие, в котором крест-накрест натянуты две проволочки, как показано на рисунке.

В другой пластинке отверстие поперечником в 5 *мм*. Обе пластинки должны быть совершенно одинаковыми, чтобы можно было их загнуть и привинтить к обоим концам планки.

Основание штатива можно сделать в виде трехгранника, привинтив к нему ножки шурупами. На трехграннике есть вертикальный стержень, на который насаживается деревянная планка. Чтобы прикрепить к ней трубку, надо по краям основной планки привинтить две выступающие дощечки и затянуть болтом.

КАК НАБЛЮДАТЬ В АСТРОНОМИЧЕСКУЮ ТРУБУ

Вынесите трубу днем на такое место, с которого видны наиболее далекие предметы. Наведите ее на какой-нибудь отдаленный предмет и, двигая окулярную выдвижную трубку вперед и назад, найдите наилучшее положение, при котором будет хорошо виден предмет. Вы увидите все предметы перевернутыми. Это свойство объектива не мешает наблюдениям небесных светил. Отметьте положение окуляра, при котором получается наибольшая четкость, и проведите карандашом черту в том месте выдвижной трубки, которое приходится у края неподвижной трубки. Если у вас заготовлена вторая трубка, с другим увеличением, то и ее надо разметить так же.

Установку стойки объектива легко подправить, если это окажется нужным. Наведя всю трубу на отдаленный предмет, отпустите немного шуруп, проходящий через большее отверстие, — стойку можно будет слегка поворачивать (вращение вокруг другого шурупа). Смотря в окуляр на отдаленный предмет, поворачивайте стойку слегка то к себе, то от себя и, оставив ее в том положении, когда изображение наиболее четко, закрепите окончательно шуруп.

Наведите трубу на далекий предмет и, когда он будет виден в середине «поля зрения» трубы, осторожно, не сдвигая трубы, посмотрите в маленькое отверстие искателя. Если искатель правильно установлен, то вы увидите тот же предмет в круге в месте скрещения проволочек. Если предмет виден не на пересечении проволочек, то надо заметить и запомнить, в каком месте круга он виден, и тогда можно более уверенно наводить трубу.

Наводить трубу на наблюдаемый предмет надо научиться днем. Прежде всего, глядя вдоль корпуса трубы (от окуляра), поверните трубу так, чтобы предмет был виден на краю ее с объективом. Потом посмотрите в искатель и еще немного поверните трубу так, чтобы предмет был на перекрестке проволочек или около него. Наконец, посмотрите в окуляр и еще немного поверните трубу, чтобы предмет был в середине поля зрения.

Вследствие вращения Земли и происходящего из-за этого суточного движения светил трубу надо время от времени поворачивать вправо, а передний конец ее или поднимать (в восточной стороне), или опускать (в западной). Это надо делать осторожно. Если светило выйдет из поля зрения, снова нацельте на него трубу.

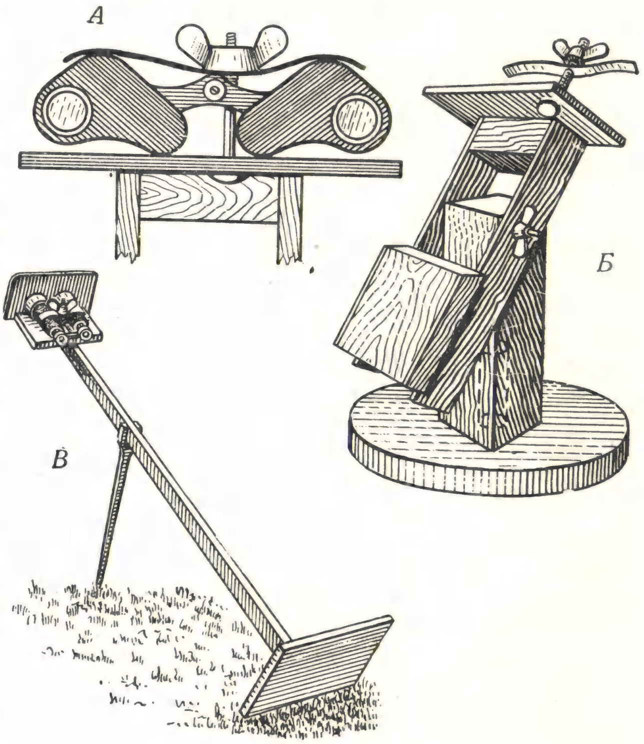
Объектив в нашем телескопе не вполне совершенный, поэтому около небесных светил, особенно если они очень ярки, будут цветные каемочки.

Можно улучшить изображения, если частично закрыть объектив картонной крышкой с круглым отверстием или между окуляром и глазом помещать желто-оранжевое стекло (светофильтр). Но тогда изображение станет менее ярким.

КАК ПРИМЕНИТЬ БИНОКЛЬ К АСТРОНОМИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ

Через бинокль тоже можно наблюдать небо. Его увеличение меньше, но зато изображения он дает более четкие, чем самодельная труба.

Очень подходят для астрономических наблюдений призменные бинокли. Они устроены так же, как и астрономические трубы. У них есть и объектив и окуляр, только внутри такого бинокля вставлены призмы, для того что-



Закрепление бинокля на планке и установка экрана: А — закрепление бинокля на дощечке штатива; Б — штатив бинокля; В — устройство для наблюдения солнечных пятен.

бы дать не перевернутое, а прямое изображение и укоротить длину трубы.

Советский призменный бинокль дает восьмикратное увеличение и очень полезен для астрономических наблюдений. У театральных биноклей нет призм; их окуляр представляет собой двояковогнутое стекло.

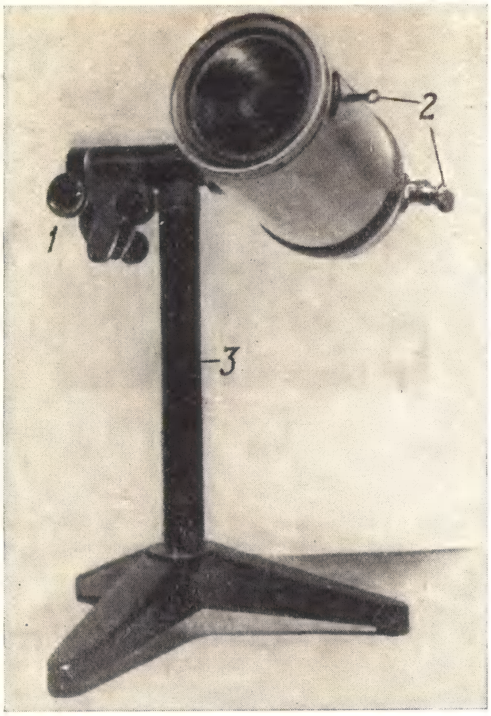
Проводя наблюдения с биноклем, не держите его на весу, а опирайтесь руками о подставку. Для наблюдения с биноклем можно сделать такой же штатив, как и для самодельной трубы, но вместо планки надо прикрепить дощечку. Одну половину бинокля можно привязать к верхней дощечке бечевой или сделать прижим.

КАК НАБЛЮДАТЬ В МЕНИСКОВЫЙ ТЕЛЕСКОП

Телескоп, называемый менисковым, изобрел ученый Д. Д. Максутов. Этот телескоп состоит из выпукло-вогнутого стекла-мениска, вогнутого зеркала, добавочного маленького зеркала и окуляра. В школьный телескоп такой системы можно наблюдать небесные светила с увеличением около 50 раз. В то же время этот телескоп намного короче обыкновенной астрономической трубы такой же силы.

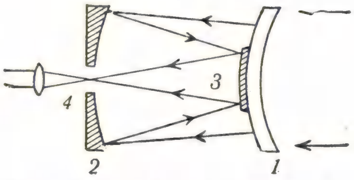
Школьным менисковым телескопом вести наблюдения очень удобно. Он установлен на чугунной подставке, имеет приспособления для плавных передвижений в небольших пределах и искатель.

Для наблюдений в телескоп поставьте треногу на столб или край столба. Днем, как и с самодельной трубой, посмотрите на далекие предметы, чтобы узнать, как действует искатель, и отметьте положение окуляра.



Школьный менисковый телескоп системы Д. Д. Максутова:

1 — винты для закрепления и винты для медленных поворотов; 2 — диоптры для нацеливания; 3 — подставка.



Разрез менискового телескопа:

Лучи проходят через мениск(*1*), отражаются от зеркала (*2*), идут в обратную сторону, снова отражаются от зеркальца (*3*) и дают изображение (*4*), рассматриваемое через окуляр.

У штатива этого телескопа есть четыре винта: два для закрепления и два для очень медленного плавного движения телескопа.

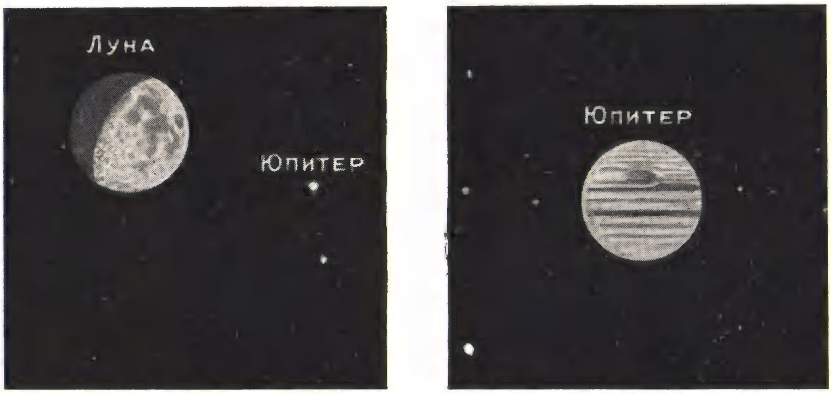
Перед наведением ослабьте закрепительные винты (вращать их надо влево), одной рукой наведите трубу по искателю, а другой закрепите винты. После этого посмотрите в окуляр и микрометрическими (медленными) винтами слегка поверните трубу, чтобы предмет был в центре поля зрения.

Ночью при наблюдении светил, смотря в окуляр, держите руки на микрометрических винтах и тихонько поворачивайте их, стараясь, чтобы светило все время было в центре поля зрения. Советский школьный телескоп-рефлектор имеет три окуляра, и дает увеличение до 50 раз. Этот телескоп имеет «экваториальную» установку, облегчающую наблюдения. У него есть такие же закрепительные и микрометрические винты.

ЧТО НАБЛЮДАТЬ В САМОДЕЛЬНУЮ ТРУБУ, БИНОКЛЬ ИЛИ ШКОЛЬНЫЙ ТЕЛЕСКОП

Все предметы мы видим под некоторым углом. Угол, который составляют направления от нашего глаза к краям светила, называют у г л о в ы м д и а м е т р о м предмета. Угловые диаметры разных светил невелики, и их выражают в шестидесятых долях градуса — минутах дуги, а для очень малых по видимым размерам светил — даже и шестидесятых долях минуты — секундах дуги. Например, угловой диаметр Луны около 31′, а Марса — только около 25″ (при ближайшем его расстоянии).

Невооруженным глазом нельзя различить малые углы, и поэтому планеты кажутся точка-



Слева — Луна и Юпитер, видимые невооруженным глазом. Справа — Юпитер и его спутники, наблюдаемые в астротрубу с увеличением в 50 раз.

ми, как звезды. В астрономическую трубу мы можем рассмотреть больше подробностей, так как при рассмотрении в трубу угловой диаметр предметов будет больше.

Планета Юпитер имеет средний угловой диаметр около 40″. Если наблюдать эту планету при увеличении в 50 раз, то диаметр будет виден под углом $40'' \times 50 = 2000''$. Если пересчитаем это число в минуты дуги, то получим $2000'':60 = 33'20''$.

Значит, в телескоп мы увидим Юпитер немного большим, чем при наблюдении Луны простым глазом.

На Луне мы замечаем подробности в $^1/_{15}$ ее диаметра; значит, то же можно будет заметить и на Юпитере. Если же смотреть в тот же телескоп на Луну, то будут заметны подробности не в $^1/_{15}$, а в $^1/_{15} \times {}^1/_{50} = {}^1/_{750}$ ее диаметра.

Не все трубы одинаковы по качеству; поэтому, например, в самодельную трубу, даже при увеличении в 50 раз, не будет видно столько подробностей, сколько в школьный менисковый телескоп.

Диски звезд ни в какие телескопы нельзя рассмотреть — так они малы.

В телескоп можно наблюдать темные пятна на Солнце, сосчитать их число и следить за подробностями их изменения.

На Солнце в телескоп всегда надо смотреть только через темное стекло, иначе можно ослепнуть.

Чтобы наблюдать солнечные пятна и зарисовывать их, надо, наведя трубу на Солнце [1], держать белый лист бумаги за окуляром; на этом листе (его называют экраном) будет видно круглое светлое изображение Солнца. Если края его не будут четкими, нужно выдвигать окуляр до тех пор, пока они не станут хорошо видны. Тогда будут заметны и пятна на Солнце.

Удобнее прикрепить экран к самой трубе и заслонить его от прямых лучей Солнца. При самодельной трубе экран можно прикреплять к основной планке. При наблюдениях Солнца надо предохранять трубу от перегрева, отворачивая по временам ее объектив от Солнца. Таким же способом можно наблюдать Солнце восьмикратным биноклем. В этом случае проще сделать установку, изображенную на рисунке на стр. 502.

Наблюдая так каждый ясный день, вы увидите, что пятна передвигаются по диску. Это доказательство того, что Солнце вращается вокруг своей оси.

Частные солнечные затмения надо наблюдать так же, как и Солнце,— на экране.

На Луне простым глазом видны только большие темные пятна, называемые «морями». Не думайте, что в телескоп лучше всего наблюдать Луну в полнолуние: в это время на ней очень мало что видно.

Лучше всего наблюдать Луну, освещенную Солнцем сбоку, когда она имеет вид серпа или полукруга. В это время на ней можно увидеть в восьмикратный бинокль большие кольцевые горы.

Венеру можно наблюдать по вечерам в западной части небосвода или перед утром в восточной части. Фазы Венеры можно заметить с увеличением от 15 раз и больше.

Интереснее всего наблюдать Юпитер. Это самая большая планета, и даже при небольших увеличениях на ней видны полосы. Очень интересно движение спутников Юпитера. Их можно увидеть даже в бинокль с увеличением в 6—8 раз (наблюдать надо обязательно в трубу со штативом). Они все время передвигаются, обращаясь вокруг Юпитера, что бывает заметно уже через 2—3 часа наблюдений.

При хорошем объективе с увеличением в 40 раз можно заметить кольцо Сатурна.

Комету, если она появится на небе, наблюдайте в бинокль. В самодельную трубу она будет плохо видна, а в телескоп Максутова можно

[1] В этом случае лучше наводить, следя за тенью от трубы.

хорошо рассмотреть лишь самую яркую часть кометы — голову.

Кометы бывают различной яркости, и не всегда у них хорошо виден хвост; нередко комета так и остается видимой, как слабое пятнышко вроде туманности или звездного скопления.

Наиболее интересно проследить движение кометы относительно звезд.

Звезды во все трубы видны, как точки; чем больше поперечник объектива и увеличение, тем больше их видно на небе.

Интересно посмотреть в трубу на Млечный Путь. Вы увидите, что он состоит из громадного числа слабых звезд.

Двойных звезд в бинокль можно увидеть намного больше, чем простым глазом.

КАК УСТРОИТЬ В ЛАГЕРЕ ИЛИ ПРИ ШКОЛЕ АСТРОНОМИЧЕСКУЮ ПЛОЩАДКУ

Каждый, кто хочет знать астрономию, должен сам наблюдать небесные явления. Астрономические наблюдения, как и всякое другое дело, требуют приобретения некоторого практического навыка.

Для постоянных астрономических наблюдений можно устроить астрономическую площадку. На ней надо установить столики для труб, проложить так называемую полуденную линию, указывающую направление географического меридиана, и поставить указатели основных точек горизонта, солнечные часы и другие приспособления.

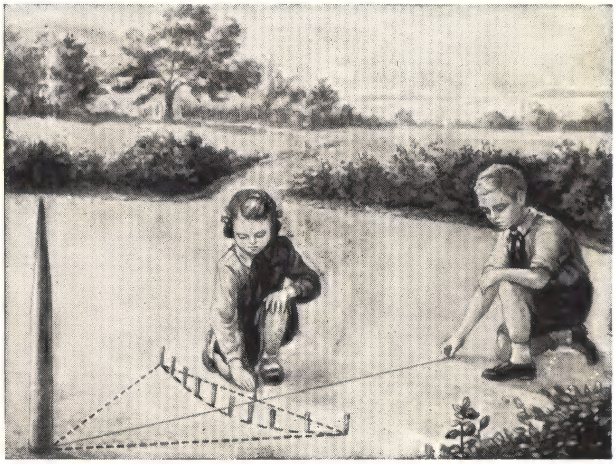
Еще в 1926 г. в лагере Артек (Крым) при жизни его основателя З. П. Соловьева пионеры устроили с помощью астрономов такую площадку. Теперь в школах и пионерских лагерях наряду с географическими площадками создают и астрономические. Большая астрономическая площадка построена при Московском планетарии.

В лагере или поблизости от него вместе с группой товарищей надо выбрать ровное место с открытым горизонтом. Начинать надо с определения направления географического меридиана. Это направление называют п о л у д е н н о й л и н и е й. Чтобы наметить полуденную линию, устанавливают посреди выбранного места ровный прямой шест. Высота его над поверхностью земли должна быть $1^1/_2$—2 *м*. Он должен стоять совершенно вертикально (проверьте это отвесом и, если нужно, подправьте установку). Этот шест называется г н о м о н о м, т. е. указателем.

Заготовьте штук 30 маленьких колышков. В солнечный день нужно будет с 9—10 час. утра и до 4—5 час. вечера эти колышки вбивать в землю через каждые 15—20 минут туда, где будет конец тени от вертикального шеста. Назначьте дежурных из желающих участвовать в этой работе. К 4—5 часам вечера около гномона будет много колышков. Утренние и вечерние колышки окажутся дальше от основания гномона, а ближе к нему будут те, которые были поставлены около полудня, когда Солнце бывает над южной точкой горизонта.

Проведите через колышки линию; она будет кривой. Отметьте на этой линии два места на одинаковом расстоянии от основания гномона. Расстояние между этими местами по прямой линии разделите пополам: средняя точка будет находиться как раз на полуденной линии. Если среднюю точку соединить прямой линией с основанием гномона, то это и будет направление географического меридиана, или полуденная линия, так как основание гномона тоже находится на полуденной линии.

Чтобы провести направление географического меридиана правильно, поставьте у конца полуденной тени второй вертикальный шест. Пусть один пионер отойдет от гномона на 3—4 *м* в южную сторону и станет так, чтобы оба шеста были видны ему по одному направлению, а сами отходите в северную сторону, держа в руках третий шест так, чтобы товарищ видел все три шеста по одному направлению. Если вы неверно держите свой шест, то товарищ должен сказать, в какую сторону его надо подвинуть.



Разметка часов по тени от гномона и определение полуденной линии.

Когда отойдете на 3—4 *м*, то воткните шест в землю, и пусть ваш товарищ проверит правильность установки.

Так же поставьте и южный шест. Теперь средние два можно снять и туго натянуть бечевку между крайними шестами, прокладывая ее над самой землей.

Бечевка отметит направление географического меридиана.

Под бечевкой выройте прямую канавку шириной в 5—8 *см* и глубиной в 10 *см*. Заполните ее битым кирпичом или цветной галькой. На одном конце канавки выложите букву С (север), на другом — Ю (юг). Шест на южном конце можно не снимать, а, наоборот, укрепить. Этот шест и будет гномоном. Каждый день, когда тень от него будет падать на полуденную линию, будет наступать истинный полдень.

Точное направление полуденной линии (линии «север—юг») необходимо не только для проведения астрономических наблюдений, но также и для установки астрономических инструментов. Определять полуденную линию по компасу нельзя, так как стрелка магнитного компаса указывает направление магнитного полюса Земли, а не северного географического, находящегося от него на большом расстоянии.

Вместо северного шеста установите столб и проверьте его вертикальное направление отвесом. Вечером найдите Полярную звезду и к столбу привинтите планочку так, чтобы она была направлена на полюс (к Полярной звезде). Эта планочка показывает направление, параллельное оси вращения Земли, а ее наклон к горизонту будет равен широте места лагеря. К этому «указателю полюса мира» надо прикрепить трубку или специальные зажимы для ручки астрозонта.

Установите два невысоких столба — восточный и западный — на расстоянии 3—4 *м* от середины площадки.

Прибейте на них толстые гладкие доски (лучше закругленные), для того чтобы на них ставить астрономическую трубу или штатив с биноклем.

Если хотите узнавать время по Солнцу, то сделайте солнечные часы. Тенью от указателя они будут показывать так называемое местное, истинное, время.

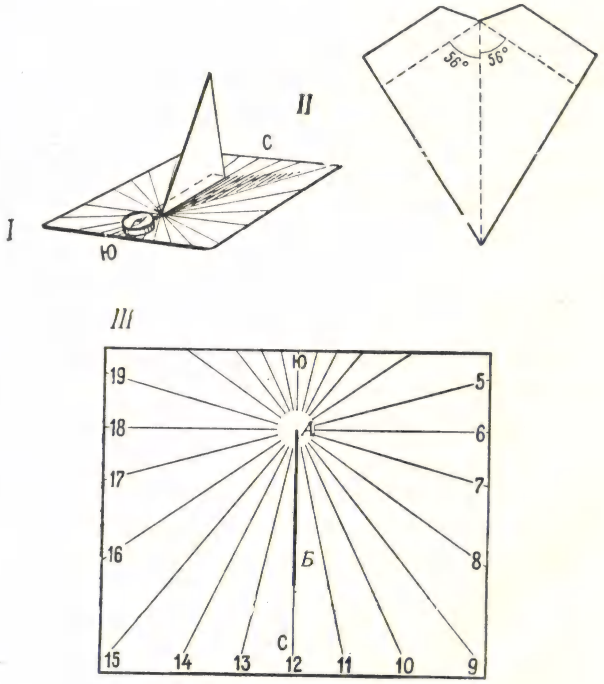
Солнечные часы можно сделать прямо на земле, если поверхность ее выровнять.

Во время гражданской войны около г. Пугачева школьники учились огородничеству и работали в 3 *км* от города. Обычных часов у них не было. Тогда преподаватель астрономии устроил с учениками солнечные часы. По этим часам и распределяли рабочее время.

Чтобы построить такие часы, нужно на том месте, где вы собираетесь их установить, провести полуденную линию и установить теневой указатель.

Можно воспользоваться полуденной линией, которая уже есть на вашей площадке, или провести новую; она будет параллельна уже проведенной. Теневой указатель поставьте наклонно и направьте его на полюс мира. Это можно сделать, не наблюдая звездное небо. Зная положение полуденной линии, достаточно придать указателю наклон, равный географической широте места, где находится лагерь. Географическую широту лагеря можно узнать по географической карте.

Чтобы сделать теневой указатель, установите наклонно ровный шест, одним концом врытый в землю. Наклон должен быть на столько градусов, сколько градусов широта. Для этого приложите к шесту транспортир с привязанным в середине отвесом. Делайте это не в одиночку, а вместе с товарищами.



Картонные солнечные часы:
I — солнечные часы с компасом; *II* — теневой указатель в развернутом виде; *III* — циферблат, линия *АБ* — прорез для теневого указателя.

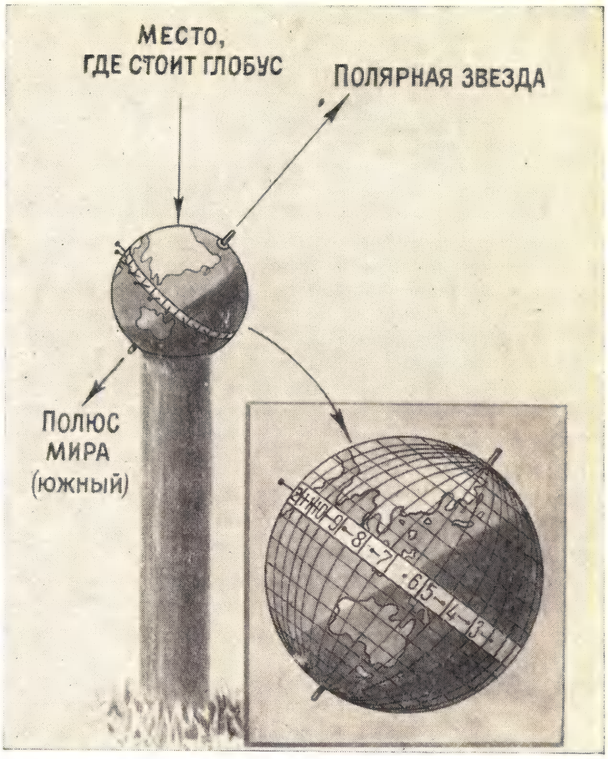
Чтобы шест не прогнулся и не изменил наклона, подоприте его прямой веткой с развилкой.

Теперь вам остается разметить часовые деления на циферблате часов. Эти деления не равны, и положения их зависят от широты. Они выражены в градусах и приведены в таблице, которую мы даем на стр. 509. Для каждого часа надо вправо и влево от полуденной линии отмерить углы; вершины их должны быть там, где теневой указатель входит в землю. Когда эти линии будут отмечены с помощью транспортира (натягивая бечевку), выложите их и цифры, обозначающие часы, камешками. По краям можно посадить такие растения, цветы которых распускают свои венчики в соответствующее время. Тень от указателя — это стрелка солнечных часов; по ней каждый может узнать местное время.

Для мест, широта которых больше 66°,5, в середине лета Солнце не заходит. Поэтому на нашей таблице углы даны до 12 часов ночи.

На этой же площадке можно установить солнечные часы, которые будут сразу показывать время не только в том месте, где вы находитесь, но и в любом месте Земли. Такими часами может служить географический глобус, поставленный так, что его ось направлена на полюс мира. При этом глобус закрепляется таким образом, чтобы его меридиан, соответствующий местоположению вашего города или села, совпадал с меридианом на вашей площадке. Когда глобус будет укреплен неподвижно, он станет поворачиваться за день так же, как и сама Земля, и будет так же освещен Солнцем, как Земля. Такой глобус — как бы часы, которые не требуют завода.

На полуденной линии вройте в землю столб и на нем укрепите географический глобус. Установку легко сделать правильно по указателю полюса мира, который сделан на северном столбе. Во время дождя и на ночь глобус нужно закрывать, чтобы он не испортился от влаги. На глобусе по экватору можно приколоть белую полоску, разделить ее на 24 равные части и вколоть булавки на делениях. При этом отметка «12 часов» должна приходиться над полуденной линией. Подойдя к глобусу в солнечный день, можно увидеть, где на нем проходит граница света и тени (т. е. где сейчас происходит восход и заход солнца) и где в этот момент полдень. Полдень будет на том меридиане, где тень от булавки, воткнутой перпендикулярно к поверхности глобуса, совпадет с географическим меридианом этого места.



Солнечные часы — глобус.

ОРИЕНТИРОВКА НА МЕСТНОСТИ

Определение направлений точек горизонта обычно называют о р и е н т и р о в к о й н а м е с т н о с т и.

Уметь ориентироваться на местности очень важно людям самых различных профессий, и вы легко можете научиться этому.

Удобнее и лучше всего ориентироваться по компасу.

Намагниченная стрелка компаса направляется одним своим концом в сторону севера. Для точной ориентировки по компасу надо знать, насколько стрелка не совпадает с направлением географического меридиана.

Угол между географическим меридианом и стрелкой компаса (склонение) можно определить по направлению полуденной линии (если она правильно проведена). Он обычно невелик. Если на Солнце большие пятна, то склонение компаса меняется. Это объясняется тем, что большие пятна являются отражением грандиозных физических процессов, происходящих на Солнце, а они влияют на земной магнетизм и на многие другие явления на Земле.

Если у вас нет компаса, можно ориентироваться по Солнцу, Луне и звездам.

Движение Солнца по небосводу хорошо известно. Всегда можно сообразить, в какой стороне небосвода находится Солнце. Но при этом надо помнить, что летом Солнце поднимается в полдень высоко, восходит на северо-востоке и заходит на северо-западе. Зимой же, наоборот, путь Солнца по небу невысокий, восход в юго-восточной части неба, заход в юго-западной. Кроме того, высота Солнца над горизонтом два раза в день бывает одинакова — до полудня и после полудня. Если час дня совершенно неизвестен, то остается единственный способ: понаблюдать, укорачиваются ли тени (до полудня), или удлиняются (после полудня).

Можно ориентироваться и по правильно идущим карманным часам. Для этого часы нужно держать в горизонтальном положении так, чтобы часовая стрелка была направлена на Солнце. Расстояние между часовой стрелкой и цифрой *1* на циферблате делится пополам. Если через полученную точку из центра циферблата мысленно провести прямую линию, она покажет направление юга.

Даже если небо закрыто облаками, иногда можно, осмотрев весь небосвод, найти место, которое все же остается наиболее светлым; здесь находится Солнце.

Самый вид Луны, ее фазы и положение на небе могут помочь ориентировке. Во время полнолуния Луна высоко движется по небосводу зимой и низко — летом. За время от новолуния до полнолуния, когда Луна горбом обращена вправо, она видна в вечерние часы в западной стороне небосвода, а от полнолуния до новолуния — в восточной. Даем таблицу видимости Луны.

По виду Луны можно определить, в какой стороне от нее находится Солнце. Если горб Луны представить себе как изогнутый лук с натянутой тетивой, то стрела, наложенная на середину тетивы, будет направлена в сторону Солнца.

Можно ориентироваться по звездам, для этого надо найти по Большой Медведице Полярную звезду. Под ней и будет точка севера. Но небо не всегда бывает вполне ясным. Иногда оно закрыто облаками, а в просветах между ними видны другие созвездия. Если помнить главные созвездия вокруг Полярной звезды, то, заметив в просвете облаков одно из них, можно узнать, где приблизительно должна быть Полярная звезда. Если облака передвигаются и откроется другое созвездие, сделайте такое же определение и по нему, тогда более точно будете знать, где север.

Полярную звезду можно найти не только по двум звездам Большой Медведицы. На небе есть много звезд, по линии которых она находится.

На прилагаемой звездной карте на стр. 510 стрелками указаны звезды созвездий, по которым можно найти Полярную звезду. Это удобно при полупасмурном небе.

Кроме того, можно ориентироваться и по положению этих созвездий над линией горизонта. Если, например, прямоугольник Пегаса (см. рис. на стр. 510), Орион, Лев видны с наклоном влево, то они находятся в юго-восточной части небосвода, если стоят прямо — над южной точкой горизонта, если вправо — над юго-западной.

Если вы знаете созвездия, то всегда сможете ориентироваться.

Фазы Луны	Время	Сторона небосвода
Молодой серп	После захода Солнца вечером	Западная сторона
Первая четверть	Вечером до полуночи	Во время захода Солнца — южная сторона, а если позже, то юго-западная; заходит примерно через 6 часов после Солнца
Полнолуние	Всю ночь	Восходит около времени захода Солнца. В полночь находится в южной стороне. До полуночи — в юго-восточной, после полуночи — в юго-западной
Последняя четверть	С полуночи до утра	Восходит примерно за 6 часов до Солнца. Во время восхода видна в южной стороне
Старый серп	Утром перед восходом Солнца	Восточная сторона

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ВРЕМЯ ПО СОЛНЦУ, ЛУНЕ И ЗВЕЗДАМ

Л. Н. Толстой описывал, как крестьяне по высоте Солнца и длине тени летом примерно определяли время для отдыха. По этим признакам можно приближенно определить время, если нет ни часов, ни компаса. Если есть

компас или известны направления точек горизонта, то полезно сделать карманные солнечные часы из плотной бумаги такого размера, чтобы их можно было положить в записную книжку. Изготовить такие часы можно по нашей таблице. Теневой указатель сделайте с углом, соответствующим широте того места, где вы находитесь. На рисунке на стр. 506 изображены такие часы для широты Москвы.

Держите эти солнечные часы горизонтально, положив на них компас и отогнув теневой указатель. Поворачивайте циферблат до тех пор, пока отметка «12 часов» не совпадет с направлением по компасу на север. Тогда по тени отсчитайте время, но не забудьте, что это время местное, истинное, солнечное.

Если известен час дня, то эти же карманные солнечные часы могут служить и для определения направлений точек горизонта. Когда нет компаса, поворачивайте на ладони часы так, чтобы тень указателя упала на то же число часов, которое известно по ручным часам.

По Луне тоже можно приближенно определить время. Пользуясь правилом лука и стрелы и видом фазы Луны, можно сообразить, насколько Солнце ушло под линию горизонта. При этом надо линию суточного движения Луны мысленно продолжить под горизонтом и помнить, что в первую и в последнюю четверть Луна находится на 90° от Солнца, в полнолуние — на 180° и ежесуточно она передвигается по отношению к Солнцу на 12°12′.

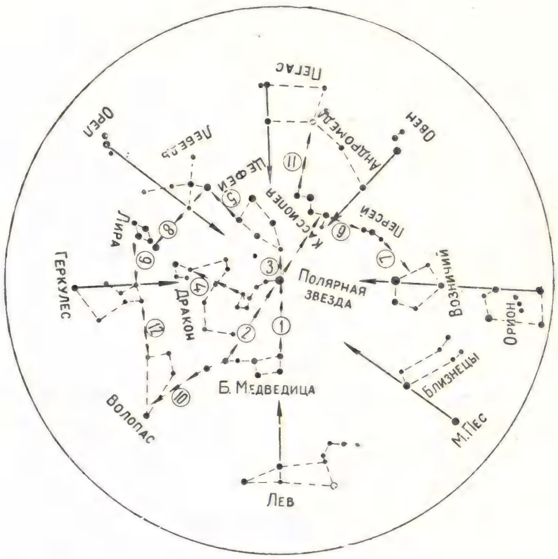
В разное время года в южной половине небосвода бывают видны не одни и те же созвездия. Астрономы по звездам, видимым в направлении на юг или север, очень точно проверяют часы. Но это требует особых инструмен-

Как отыскать по Большой Медведице и Полярной звезде близкие к ним созвездия.

УГЛЫ ЧАСОВЫХ ЛИНИЙ С ПОЛУДЕННОЙ ЛИНИЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЧАСОВ

Число часов до или после полудня	Широта места						
	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
1	10	11	12	13	14	$14\frac{1}{2}$	$14\frac{3}{4}$
2	$20\frac{1}{2}$	22	24	$25\frac{1}{4}$	$26\frac{3}{4}$	$27\frac{1}{2}$	$28\frac{1}{4}$
3	33	35	$37\frac{1}{4}$	39	$40\frac{3}{4}$	42	43
4	48	$50\frac{1}{2}$	53	$54\frac{3}{4}$	$56\frac{1}{4}$	$57\frac{1}{2}$	58
5	$67\frac{1}{4}$	69	$70\frac{1}{2}$	$71\frac{1}{2}$	72	$72\frac{1}{2}$	73
6	90	90	90	90	90	90	90
7	$112\frac{3}{4}$	111	$110\frac{1}{2}$	$108\frac{1}{2}$	108	$107\frac{1}{2}$	107
8			127	$125\frac{1}{4}$	$123\frac{3}{4}$	$122\frac{1}{2}$	122
9					$139\frac{1}{4}$	138	$137\frac{1}{2}$
10						$152\frac{1}{2}$	$151\frac{3}{4}$
11							$165\frac{1}{4}$
12							180

Как по положению прямоугольника Пегаса определить направление точек горизонта.



Как по различным созвездиям найти Полярную звезду.

тов и вычислений. Приближенно можно определить время по наиболее высокому положению созвездий, окружающих полюс мира.

В таблице указаны время года и то созвездие, которое бывает выше других в полночь. Чтобы по созвездиям отсчитать час ночи, надо на глаз определить, на какую долю полного оборота отошло (или не дошло) от полуночного положения указанное в таблице созвездие.

В полночь

Время года	Созвездия		
	Б. Медведица	Кассиопея	Дракон (Голова Дракона)
Весна	Наивысшее положение (на южной стороне)	Около наинизшего положения (над точкой севера)	В восточной стороне небосвода
Лето	В западной стороне небосвода (ручкой ковша кверху)	В восточной стороне небосвода	В наивысшем положении (над точкой юга)
Осень	Наинизшее положение (в северной стороне)	Наивысшее положение (в южной стороне)	В западной стороне небосвода
Зима	В восточной стороне небосвода (ручкой ковша книзу)	В западной стороне	В наинизшем положении (в северной стороне)

* * *

Таким образом, вы видите, как много интересных наблюдений над небесными светилами можно провести самим, пользуясь простейшими приборами и приспособлениями, изготовить которые может при желании любой школьник.

БОЛЬШОЙ СТАРИННЫЙ ПЛАНЕТАРИЙ

В середине XVII в. среди бумаг знаменитого датского астронома Тихо Браге (1546—1601) был обнаружен проект большого глобуса, который мог служить одновременно и глобусом и планетарием. Голштинский[1] герцог Фридрих Третий приказал по рисунку Браге соорудить такой глобус. Строили его десять лет, с 1654 по 1664 г., под руководством известного в то время ученого Адама Олеария. Глобус установили в резиденции герцога — в Готторпском замке крепости Тепинген. По имени этого замка глобус стали называть Готторпским.

[1] Голштиния — бывшее герцогство в Северной Германии. Долгое время входило в состав Дании.

Этот глобус представлял собой тонкостенный полый шар диаметром 11 футов (3,3 *м*). На наружной его поверхности были изображены материки, океаны, моря, горы, растительный покров и наиболее крупные населенные пункты земного шара, а на внутренней — карта звездного неба Северного и Южного полушарий. Звезды и планеты обозначили медными гвоздиками с позолоченными шляпками, а созвездия обоих полушарий — символическими рисунками, принятыми в астрономической картографии того времени.

Внутри шара на проходящей сквозь него неподвижной железной оси были укреплены круглый стол и кольцевая скамейка, на которой могли одновременно сидеть десять человек. В шар входили через прямоугольный проем, закрываемый дверцей. Посредством специального механизма, связанного с водяным колесом, шар мог вращаться вокруг неподвижной оси с различной скоростью. Зрители, сидевшие на кольцевой скамейке, могли наблюдать не только звездное небо обоих полушарий, но и суточное движение небесных светил, восход и заход их и другие небесные явления.

Необычайные размеры Готторпского глобуса и его оригинальное устройство привлекли к нему внимание ученых и многих любителей географии и астрономии. Вскоре его стали описывать в различных географических и астрономических сочинениях.

В 1713 г. русские войска освободили от шведов Голштинию. Чтобы посмотреть диковинный глобус, Петр I специально побывал в Готторпском замке. Глобус царю очень понравился. Глава голштинского правительства, опекун малолетнего герцога, решил подарить его Петру I в благодарность за освобождение герцогства от шведов.

Чтобы перевезти Готторпский глобус в Петербург, потребовалось преодолеть большие трудности и затратить много средств. Глобус везли по воде и суше. Для перевозки такого большого по объему и весу груза пришлось изготовить специальную машину, укреплять грунтовые и расширять лесные дороги.

В Петербурге глобус сначала установили в «Зверовом дворе» — помещении, выстроенном для слона, привезенного из Персии (Ирана). Затем для глобуса выстроили специальный павильон, в котором Готторпский глобус несколько лет демонстрировался петербургской публике.

Астрономия и до этого интересовала образованных русских людей. На сводчатых потолках царского дворца в Московском Кремле было изображено звездное небо — «лунное течение, солнце, месяц и звезды».

В конце XVII в. в России уже были известны модели солнечной системы, так называемые армиллярные сферы, а в начале

Готторпский глобус, который был одновременно планетарием.

XVIII в. были изданы две настенные звездные карты.

Готторпский глобус вызвал у петербуржцев большой интерес. Особенно охотно посетители осматривали внутреннюю поверхность глобуса. В Готторпском замке глобус вращался посредством водяного колеса, а в Петербурге его вращали вручную через особый передаточный механизм.

В 1725 г. была учреждена Петербургская академия наук, в распоряжение которой передали Готторпский глобус. В 1726 г. его установили в круглом зале третьего этажа еще не достроенной кунсткамеры. Внутренняя отделка здания кунсткамеры затянулась на много лет, поэтому долгое время глобус был недоступен для обозрения. Только со второй половины 30-х и особенно с начала 40-х годов его стали более или менее регулярно показывать публике, посещавшей кунсткамеру.

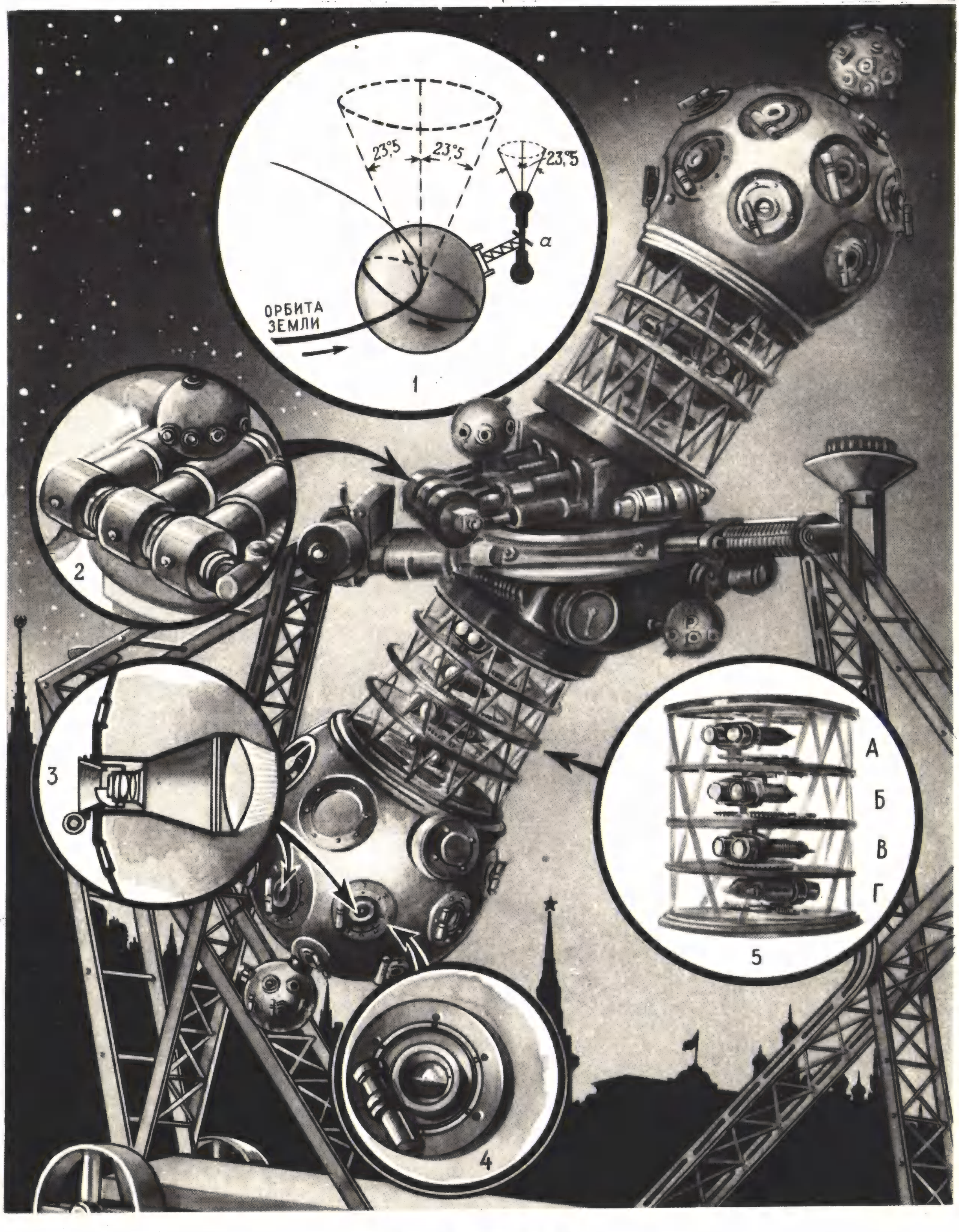
В 1747 г. в здании кунсткамеры произошел большой пожар. Вместе с другими ценнейшими экспонатами погиб в огне и Готторпский глобус. Рассказывая об этом пожаре, Ломоносов писал, что от большого глобуса «в целости ничего не осталось, кроме старой его двери, коя лежала внизу в погребе». Вскоре после пожара Академия наук вынесла решение «соорудить другой, одинакой величины с первым шар». Были предложены два проекта: один — использовать конструкцию сгоревшего Готторпского глобуса, несколько ее усовершенствовав, другой — сделать шар нового глобуса цельнометаллическим, отлив его из «пушечной меди». Принят был первый проект.

Внутренний вид Готторпского глобуса-планетария.

Для изготовления глобуса пригласили работавшего в Адмиралтейской коллегии «компасного и инструментального дела мастера» англичанина Бенжамена Скотта. Но вскоре выяснилось, что Скотт один выполнить эту работу не сможет. Ему дали помощника — талантливого мастера научных инструментов Ф. Н. Тирютина. В начале 1751 г. Скотт умер, и Тирютин один закончил изготовление глобуса.

Работа эта была для Тирютина очень трудной не только из-за ее сложности, но и потому, что у него не было станков для обработки больших деталей. В наше время такие детали обрабатываются на станках — строгальных, фрезерных и токарных. Тирютин же изготовлял детали вручную. В своих воспоминаниях Тирютин писал: «И во оное время обращался я в моих трудах, не имея ни для каких торжественных праздников покою и свободы, даже по самое окончание оного глобуса отделки». В 1752 г. Тирютин закончил изготовление самого глобуса, вращающего его механизма и меридиана, собрал и установил весь глобус в специально построенном павильоне.

Зрительный зал планетария.



Аппарат «планетарий».

1. Ось Земли образует в наше время с плоскостью экватора угол в 23°,5. Этот угол очень медленно (в течение десятков веков) изменяется. Один из моторов аппарата «планетарий» позволяет увидеть это явление. *2.* Моторы суточного и годового движения небесных тел. *3.* Проектор участка звездного неба. *4.* Винтовой проектор и автоматическая заслонка по горизонту. *5.* *А.* Меркурий, *Б.* Венера, *В.* Марс, *Г.* Юпитер.

Устанавливать новый глобус там же, где находился Готторпский — в кунсткамере, было сложно. Для этого понадобилось бы разбирать стены здания. Поэтому решили построить специальный павильон. Его возвели в центре площади перед зданием Двенадцати коллегий (ныне здание Ленинградского государственного университета). В XVIII в. этот павильон именовался обычно Глобусным покоем. Он представлял собой восьмиугольное каменное здание с высокой, заканчивающейся фонарем крышей. Внутри Глобусного покоя находился просторный двусветный зал с идущей вдоль стен галереей.

На наружной стороне установленного в павильоне шара-глобуса нужно было еще нанести карту земной поверхности, а на внутренней — звездного неба. Это поручили находившемуся «под смотрением» М. В. Ломоносова Географическому департаменту Академии наук. Непосредственным исполнителем был крупный русский картограф того времени И. Ф. Трускотт, а руководителем —сам М. В. Ломоносов. Эта работа была полностью закончена только в 1754 г.

Новый Готторпский глобус изготовили из листовой меди и оклеили бумагой. Шар глобуса был «обит медными листами, поверх которых оплочен деревом и покрыт клеенкою». Обе карты нового глобуса нарисовали масляными красками. Фон внешней карты сделали бледно-голубым (цвет морей и океанов), а внутренней — ярко-голубым («лазоревым»). Эти карты сделали более полными и более точными, чем на Готторпском глобусе. Гораздо искуснее выполнены были из зеленой меди «горизонт и меридиан, или полуденник».

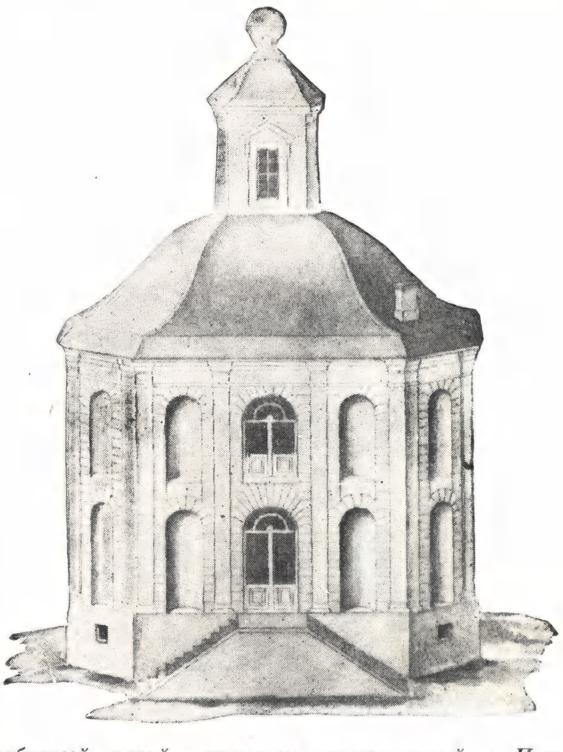
Новый глобус получил наименование Большого академического глобуса. Он привлек к себе всеобщее внимание. Его с интересом осматривали и петербуржцы и приезжие люди. Академия наук широко использовала Большой академический глобус для обучения географии и астрономии студентов академической гимназии и университета. Обучались на нем и периодически прикомандировывавшиеся к Академии наук для повышения квалификации штурманы Адмиралтейской коллегии и геодезисты Межевой канцелярии.

В других странах не было глобусов такой большой величины да еще с планетарием внутри. Поэтому Большой академический глобус был диковинкой и для иностранцев, посещавших Петербург.

Многие иностранные ученые, писатели, моряки, побывавшие в России, оставили в описаниях своих путешествий восторженные отзывы об этом глобусе.

Большой академический глобус простоял в Глобусном покое до 1829 г. и был перенесен в новое здание музея Академии наук на Университетской набережной Васильевского острова. В 1901 г. Академия наук передала глобус Управлению царскосельскими дворцами и парками. Глобус установили в царскосельском Адмиралтействе. В последние десятилетия пребывания в музее Академии наук и первые 20 лет — в царскосельском Адмиралтействе глобус был почти недоступен для широкой публики. Лишь после Октябрьской революции, когда культурные ценности прошлого перешли в руки их подлинного хозяина — народа, Большой академический глобус стал широко демонстрироваться трудящимся. К этому времени значение его приобрело несколько иной характер. Научные знания по астрономии и физической географии расширились. Глобус уже сильно отставал от успехов науки. Он стал памятником техники и науки XVIII в.

В годы Великой Отечественной войны г. Пушкин (бывшее Царское Село) временно оккупировали вражеские войска. Когда в 1944 г.



Глобусный покой — павильон, построенный в Петербурге в XVIII в. для глобуса Скотта—Тирютина.

Советская Армия освободила г. Пушкин от оккупантов, в здании Адмиралтейства глобуса не оказалось. Лишь в 1947 г. стало известно, что он находится в Германии, в г. Любеке. Грабя Советскую страну, гитлеровские захватчики увезли глобус вместе с другими памятниками русской национальной культуры. В том же 1947 г. глобус был возвращен Советскому Союзу. Его доставили водным путем в Мурманск, а оттуда по железной дороге — в Ленинград.

Академия наук СССР передала глобус Музею М. В. Ломоносова, которому отвели часть здания бывшей кунсткамеры. Теперь глобус находится на пятом этаже башни кунсткамеры. Для его установки пришлось разобрать одну из стен башни.

Чтобы читатель более наглядно представил себе, каким замечательным памятником научного прошлого мы обладаем, сообщаем точные размеры Большого академического глобуса: наружный диаметр — 3 *м* 10 *см*, внутренний — 2 *м* 95 *см*; площадь наружной поверхности, на которой нанесена карта Земли, равна 30,1 $м^2$, площадь внутренней поверхности, на которой изображено звездное небо, — 27,3 $м^2$. Большой академический глобус построен двести с лишним лет назад. Он был одним из первых в мире планетариев.

ПЛАНЕТАРИЙ

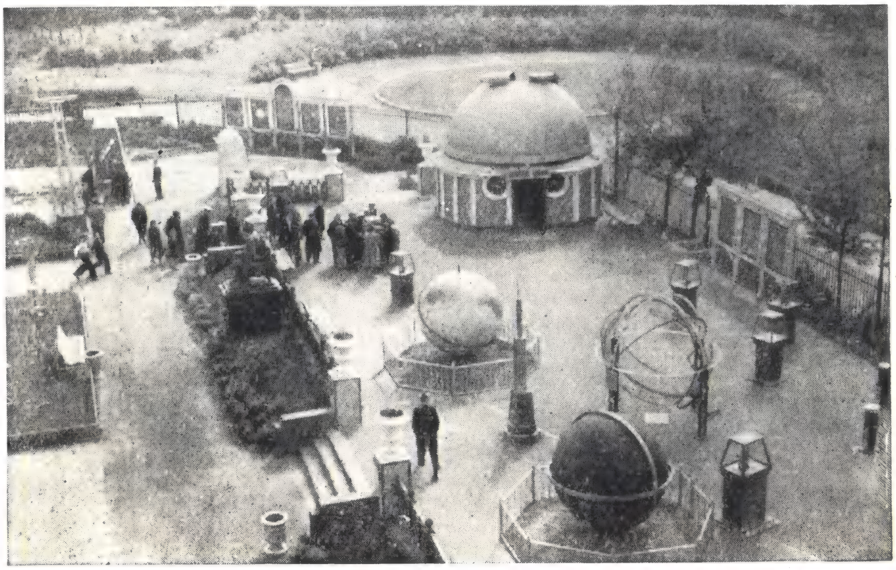
ИСКУССТВЕННОЕ НЕБО

Сравните карту полушарий и глобус. Где поверхность Земли изображена точнее? Конечно, на глобусе. А почему?

Попробуйте разгладить на поверхности стола лоскуток испорченного мячика или кожуру апельсина. Вам это не удастся: либо кончики приподымутся над плоскостью стола, либо горбом встанет середина лоскута.

Земля — шарообразное тело. Поэтому любая географическая карта изображает поверхность Земли не вполне точно, с неизбежными искажениями. Наиболее близкую копию — модель земного шара — дает глобус.

Звездное небо тоже представляется нам в виде купола или полушария. Изобразить его на плоской карте без искажений нельзя, как и полушарие Земли. Более точную модель звездного неба дает небесный глобус. Однако на таком глобусе нельзя показать ни Солнца, ни Луны, ни планет, так как их положение среди звезд непрерывно меняется. Есть другой путь.



Астрономическая площадка Московского планетария.

Наш глаз на большом расстоянии не улавливает, какой из отдельных предметов ближе, какой—дальше. Именно поэтому нам кажется, что все звезды и планеты удалены на одинаковое расстояние от Земли, они как будто находятся на внутренней поверхности шара, в центре которого помещаемся мы.

Этот обман зрения и позволил построить планетарий — самую точную модель расположения всех видимых невооруженным глазом

небесных светил, а также их движений, наблюдаемых с Земли. Планетарий был изобретен в Германии конструктором Бауэрсфельдом и изготовлен на заводе Цейса.

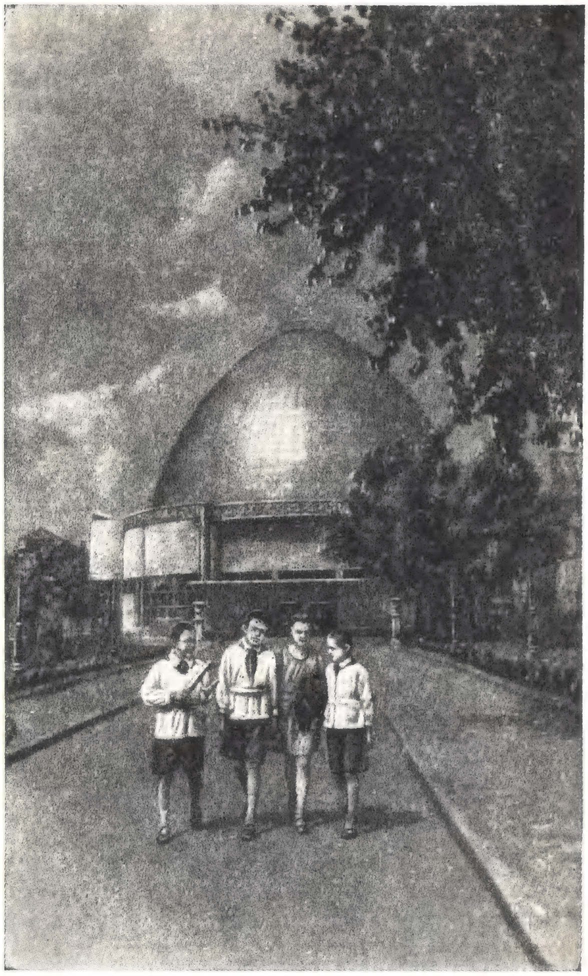
Часто планетарий называют «звездным домом» или «звездным театром», но это очень своеобразный театр. В зале, круглом, как цирк, сцена расположена над зрителями в виде вогнутого полушария. На этом полотняном куполе, как на киноэкране, показывают Солнце и Луну, планеты и звезды, кометы и метеоры.

Кто хотя бы раз посетил планетарий, никогда не забудет того величественного зрелища, когда в непроглядном мраке вдруг вспыхивают ярко искрящиеся звезды. Купола уже не видно, и кажется, будто вы в ясную ночь внезапно очутились среди широкого поля, а над вами в безоблачном небе тысячами огоньков мерцают звезды.

Невольно вспоминаются восторженные строки великого русского ученого Михаила Васильевича Ломоносова:

Открылась бездна, звезд полна,
Звездам числа нет, бездне — дна!

Искусственное небо планетария показывает не только самые светила, видимые невооруженным глазом, но и движение их, притом с чудесной скоростью: сутки и годы, даже тысячелетия проходят в считанные минуты. Каким же образом удалось осуществить это «чудо»?



Московский планетарий.

МАШИНА ВРЕМЕНИ

Посредине зрительного зала планетария возвышается сложный аппарат, внешне напоминающий огромную гимнастическую гирю с двумя шарами. В центре каждого шара установлена ослепительно-яркая лампа силой в тысячу свечей; снаружи она не видна, блестят только стекла — объективы 16 проекционных фонарей. Под этими стеклами укреплены тонкие металлические пластинки с круглыми и мелкими отверстиями (некоторые из них так малы, как отверстие от прокола иглой).

Вы, вероятно, догадываетесь, что свет лампы, проходя через эти отверстия, и создает на искусственном небе планетария светлые кружки — изображения небесных светил. Не думайте, что это так просто.

Каждый фонарь «ведает» только своим небесным районом, а на пластинке каждого фонаря просверлено более сотни отверстий; нужно разместить все эти отверстия точь-в-точь, как расположены на небе настоящие звезды. При этом необходимо очень точно рассчитать и величину каждого отверстия: чем оно крупнее, тем ярче сияет соответствующая ему звезда на небе планетария.

«Звездам числа нет», — писал Ломоносов, и это верно: бесчисленное множество их во Вселенной. Но если у вас даже очень острое зрение, то все же невооруженным глазом вы увидите в Северном полушарии около 3000 звезд, не больше. Все эти звезды аппарат «планетарий» показывает при помощи одного шара.

Для чего же нужен второй шар?

В любую ясную ночь вы можете увидеть Большую и Малую Медведицы, Цефей, Кассиопею — многие созвездия нашего неба, но есть еще и другие созвездия, которые никогда не видны у нас, в Северном полушарии Земли. Эти

созвездия можно наблюдать только в Южном полушарии. Такое путешествие вы можете совершить в планетарии: невидимые у нас созвездия вместе с некоторыми видимыми показывает второй шар аппарата.

Присмотритесь внимательно к аппарату (рис., стр. 512—513). На каждом из больших шаров вы заметите маленький, а в нем—16 фонарей. Когда включают свет лампы внутри этого маленького шара, на искусственном небе возникают названия созвездий — небесный свод превращается в наглядную звездную карту.

Мало того, небо планетария можно «оживить», заставив светила перемещаться гораздо быстрее, чем мы наблюдаем на настоящем небе. Именно в этом и состоит главная ценность аппарата «планетарий»: он показывает, как движутся небесные светила в течение суток или года, притом для любого места на Земле.

Нужно только помнить, что Земля вращается вокруг воображаемой оси, а нам кажется, что Солнце и звезды вертятся вокруг нашей планеты. На искусственном небе мы видим эти движения точно так же, как наблюдаем их с Земли. Поэтому не удивляйтесь, когда будете дальше читать о пути звезд или Солнца по небу: речь пойдет не о действительных, а о видимых движениях.

Наша планета обращается вокруг Солнца, и в различные времена года изменяется вид ночного неба: появляются созвездия, которые не были видны, исчезают те, что были видимы раньше. Звезды при этом не меняют своего взаимного расположения, поэтому все 16 фонарей, изображающие видимые звезды, поместили в один шар.

Но как быть с Солнцем? Хотя оно, подобно звездам, в течение суток движется по небу с востока на запад, но в течение года Солнце совершает еще одно движение: перемещается на фоне звезд в противоположную сторону — с запада на восток.

Солнце каждый месяц переходит от одного из 12 созвездий зодиака (см. стр. 336) к другому. Кроме того, мы не видим Солнца ночью, когда небо усеяно звездами, а звезды не видны при дневном свете.

Ясно, что для Солнца нужен свой, особый фонарь, не зависящий от больших шаров аппарата «планетарий». Так оно и сделано. Но это нисколько не мешает показывать в планетарии Солнце среди звезд; напротив, именно такое устройство и позволяет наблюдать годовое перемещение нашего дневного светила среди 12 созвездий зодиака. В планетарии Солнце довольно тусклое, оно не слепит глаз и не мешает видеть звезды.

Еще сложнее наблюдаемые с Земли движения Луны и пяти планет — Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна,— доступных невооруженному глазу. Для каждого из этих светил, как и для Солнца, необходимы отдельные фонари. Все они размещены между большими шарами аппарата. В центральной части аппарата установлен двигатель — и не один: семь электрических моторов управляют движением сложного аппарата, заставляя отдельные его части или весь аппарат вращаться с различной скоростью и в разных направлениях — сверху вниз, справа налево, по часовой стрелке и против нее.

При помощи одного мотора, вращающего аппарат, можно показать, как передвигаются по небосводу светила в течение суток. Но вместо 24 часов это движение светил совершается всего лишь за 4 минуты, т. е. течение времени словно ускоряется в 360 раз. Второй мотор позволяет показать это же суточное движение светил за 1 минуту, ускоряя его в 1440 раз.

Вы, вероятно, видели в кинокартинах, как расцветает бутон розы, быстро раскрывая свои нежные лепестки. Киноаппарат, ускоряя это явление в сотни раз, сокращает часы до секунд. Этот же прием использован и в аппарате «планетарий», где показывают движение небесных светил: часовое их перемещение промелькнет перед вами за $2^1/_2$ секунды. Но возможности нашего аппарата — своеобразной «машины времени» — этим не ограничены.

Кроме двух моторов суточного движения, в аппарате установлены еще три мотора годового движения Солнца, Луны и планет. Один мотор «сокращает» год до 4 минут, другой — до 1 минуты, а третий — даже до 7 секунд.

Вы только подумайте, что это значит: 1 год в 7 секунд: течение времени словно ускоряется более чем в 4 000 000 раз!

Этот чудесный ускоритель помогает понять многие «небесные тайны», разъяснить загадочные движения планет, показать годовой путь Солнца с замечательной наглядностью, недоступной при непосредственных наблюдениях.

На звездном небе планетария возникает широкий светлый полукруг с названиями и числами месяцев. Около созвездий, расположенных по кругу, возникают их названия: Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион — небо превращается в звездную карту-календарь.

И вот среди звезд появляется Солнце. Оно движется в созвездии Близнецов, и по светяще-

муся календарю вы видите, что Солнце подошло к 22 июня. В этот день оно выше всего поднимается на небе в Северном полушарии, и у нас начинается так называемое астрономическое лето.

Солнце продолжает свой путь дальше по светлому кругу календаря: в июле переходит в созвездие Рака, затем Льва, спускаясь все ниже к горизонту, и самой низкой точки достигает в созвездии Стрельца. Взгляните на небесный календарь: 22 декабря наступает астрономическая зима.

За две минуты вы «прожили» полгода, наблюдая быстрое перемещение Солнца среди созвездий, которое совершается медленно и постепенно в течение шести месяцев.

Еще более любопытно и поучительно годовое движение планет, которое на небе планетария промелькнет перед вами за одну минуту.

Сначала вам покажут короткий кинофильм, изображающий действительное движение планет вокруг Солнца в пространстве: торопливо вертится вокруг центрального светила юркий Меркурий, довольно быстро кружатся Венера, Земля, Марс, и медленно, словно храня горделивое достоинство, обращаются по своим путям-орбитам гиганты нашей солнечной системы — Юпитер и Сатурн.

Затем вы увидите рисунок, который разъясняет, как обращение планеты Марс воспринимается с Земли и почему нам кажется, что планеты в своем движении вокруг Солнца описывают какие-то странные петли. На небе планетария сразу понятной становится эта загадка, которая на протяжении тысячелетий смущала и вводила в заблуждение астрономов, пока гениальный сын польского народа Николай Коперник не совершил своего великого открытия.

Планетарий может показать еще одно удивительное небесное явление, которое непосредственно наблюдать нельзя, потому что для этого нужно было бы прожить много тысячелетий. Дело в том, что ось Земли не занимает всегда одно и то же направление в мировом пространстве. Направление это очень медленно изменяется, и только астрономы могут измерить ничтожно малое отклонение земной оси в мировом пространстве за год.

Но пройдут десятки веков, Северный полюс Земли будет все дальше уходить от Полярной звезды и Малой Медведицы к созвездию Цефея, затем станет удаляться и от него; через 13 000 лет для наших далеких потомков «полярной» будет уже яркая звезда Вега в созвездии Лиры.

К тому времени неузнаваемо изменится вид ночного неба: яркий пояс Ориона будет уже невидим у нас, зато еженощно станет восходить и заходить созвездие Южного Креста; весь видимый небесный свод сдвинется, словно шапка, надетая набекрень. А еще через 13 000 лет ось нашей планеты снова займет нынешнее направление в мировом пространстве.

Это медленное — в течение 26 000 лет — перемещение оси суточного вращения всего звездного неба вы увидите в планетарии: шестой мотор аппарата «уплотнит» вереницу тысячелетий до четырех минут.

Аппарат дает не только своеобразную «власть над временем». Вы можете за несколько минут «переселиться» в любое место Земли на сотни и тысячи километров. Седьмой мотор, поворачивая аппарат вокруг его горизонтальной оси, показывает вид небосвода на любой географической широте. Благодаря этому вы, спокойно сидя в зрительном зале, можете быстро совершить кругосветное путешествие.

Начнем его в Москве 22 июня.

На фоне звездного неба возникает светлая линия небесного меридиана, разделенная на градусы, и появляется Солнце; в полдень 22 июня оно стоит на небе Москвы примерно на 56° над горизонтом. Чтобы вам легче было следить за своим путешествием, посредине купола в небольшом окне передвигается географическая карта. Она показывает путь вашего полета вдоль московского меридиана.

Вы мчитесь на север, пролетая 100 *км* в секунду — в 6000 раз быстрее скорого поезда. Вот уходят к югу Москва, Ярославль, Вологда, показывается Архангельск. Чем дальше продвигаетесь вы на север, тем ниже склоняется к горизонту Солнце и выше поднимается Полярная звезда.

Смотрите на карту: расставшись у Архангельска с сушей, вы уже летите над океаном. Вот промелькнул о-в Рудольфа, а вы продвигаетесь все дальше и дальше над просторами Советской Арктики. Все выше и выше поднимается Полярная звезда, она уже почти над головой, в зените. А Солнце? Оно немного выше 23° над горизонтом. Вы — на Северном полюсе. Воспользуйтесь этим, чтобы посмотреть, как странно ведут себя здесь небесные светила в течение суток и в течение года.

Погасли звезды на полярном небе планетария, а Солнце двинулось по совсем необычному пути: нигде не опускаясь, оно прошло полный круг над горизонтом и вернулось на прежнее место. Вы «прожили» целые сутки на

полюсе, а Солнце даже на мгновение не покинуло неба: вы наблюдали незаходящее летнее Солнце Арктики. В планетарии вы можете пробыть на полюсе целый год и увидеть еще более удивительные явления.

Мы говорим: «День да ночь — сутки прочь». На полюсе этого нельзя сказать. Здесь самые длинные сутки: «День и ночь — целый год прочь». Солнце восходит только один раз в год, 21 марта, и, описывая круги над горизонтом, поднимается все выше, словно по спирали, до 22 июня, а затем начинает так же медленно опускаться; 23 сентября оно на полгода заходит за горизонт, и 6 месяцев длится ночь.

На небе планетария снова вспыхивают звезды, но движение их опять-таки необычно. На полюсе звезды не восходят и не заходят: каждая из них совершает свой круговой путь по небу, всегда на одном и том же расстоянии от горизонта.

Мрак долгой арктической ночи рассеивают не только звезды: здесь каждый месяц в течение двух недель беспрерывно светит незаходящая Луна. А по временам на небе загораются изумительные по красоте полярные сияния в виде разноцветных лучей или прихотливо извивающихся занавесей.

За две минуты вы можете совершить путешествие с Северного полюса на экватор. Здесь вас снова поразит необычное зрелище. Никогда так высоко не поднимается Солнце в Москве, как на экваторе, а дважды в год—21 марта и 23 сентября — оно стоит прямо над головой, в зените. Здесь царит беспрерывное лето: каждый день ровно 12 часов Солнце не покидает неба, посылая свои знойные лучи на Землю.

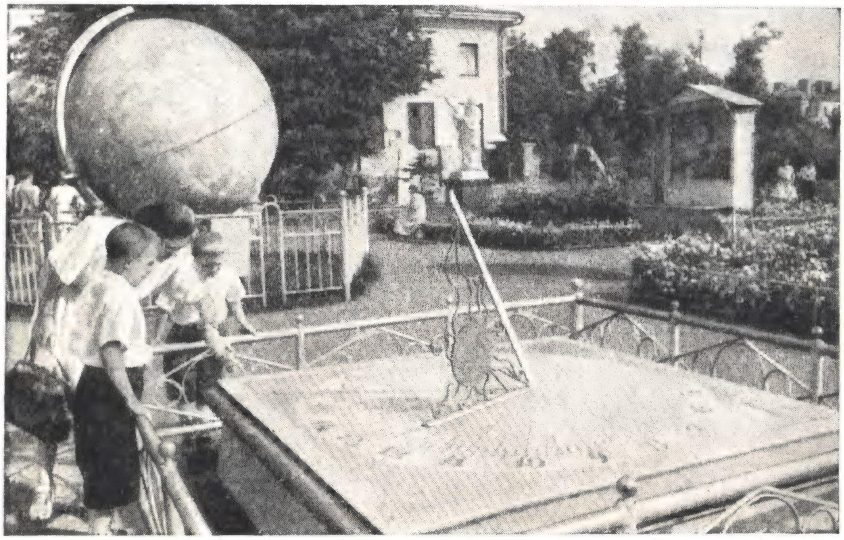
День на экваторе всегда равен ночи, а ночное небо совсем мало похоже на наше.

Опускается Солнце под горизонт, и начинается тропическая ночь. Небо осветилось невидимыми у нас созвездиями, и движутся они не с востока к югу и с юга на запад, а поднимаются прямо вверх и так же «круто» спускаются вниз, к горизонту, на западе. Только на севере, почти у самого горизонта, маячит Полярная звезда.

В планетарии вы можете совершить много других увлекательных путешествий: на Луну и по солнечной системе, «экскурсию» в мир звезд, ближе познакомиться с тем уголком беспредельной Вселенной — Галактикой, где совсем скромное место занимает вся наша солнечная система.

МОСКОВСКИЙ ПЛАНЕТАРИЙ

Накануне двенадцатой годовщины Великой Октябрьской социалистической революции, 5 ноября 1929 г., открылся первый в СССР — Московский планетарий; с тех пор здесь побывали миллионы зрителей. Кого только не встретишь в круглом здании звездного театра! Школьники и студенты, уральские металлурги и узбекские хлопкоробы, гости из Китая и Кореи, из Болгарии, Венгрии, Румынии, Чехословакии и других стран мира.



Солнечные часы на астрономической площадке планетария.

По-прежнему в центре зрительного зала возвышается «машина времени», но работники планетария усовершенствовали ее и обновили многочисленными изобретениями.

Аппарат не показывал таких интересных и редких явлений природы, как солнечные и лунные затмения. Теперь вы можете наблюдать их в планетарии в любое время и в любом виде: частное и полное затмения Луны, частное, полное и кольцеобразное затмения Солнца; вы можете увидеть и солнечную корону.

Мало кому удавалось видеть кометы. Наиболее известная из них — комета Галлея — последний раз приблизилась к Солнцу в 1910 г. и вновь вернется лишь в 1986 г. Но вам нет нужды ждать десятки лет: в планетарии можно увидеть и эту и другие кометы, движущиеся по своим орбитам вокруг Солнца. На ваших глазах едва приметное туманное пятнышко в небе планетария станет быстро расти и светлеть, превращаясь в яркую звезду с причудливым длинным хвостом.

Новые аппараты показывают метеоры и полярные сияния; искусственное небо оживляется мерцанием звезд и медленно плывущими облаками. Каждая лекция завершается красивым зрелищем восхода Солнца: медленно меркнут звезды, на востоке сквозь легкую дымку прозрачных облаков прорываются первые лучи утренней зари, окрашивая мягким розовым светом горизонт; вот уже над ним показывается алый краешек Солнца, возвещая наступление нового дня.

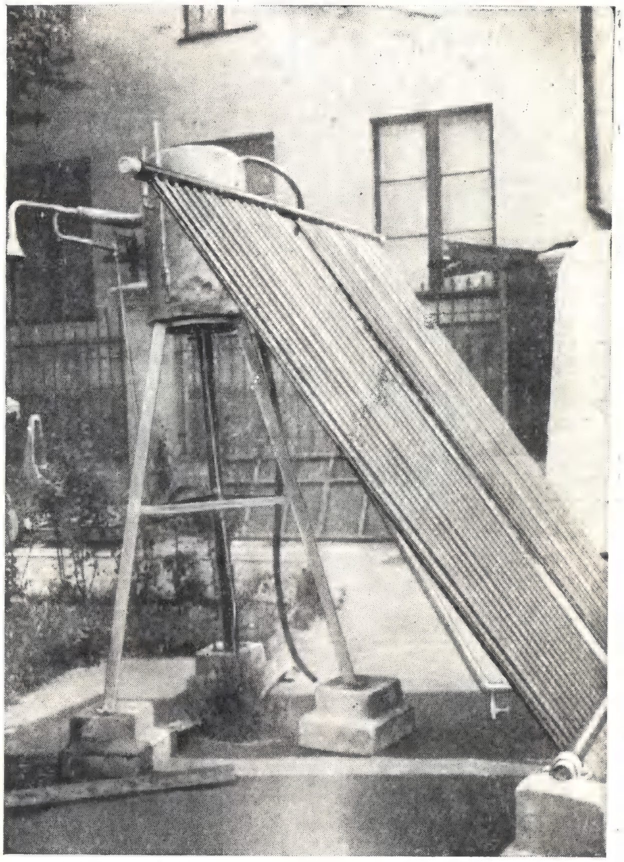
Непрерывно обновляются и обогащаются темы лекций в планетарии. Даже человеку, знакомому с астрономией, интересно посмотреть красочные диапозитивы и кинофильмы, наглядно разъясняющие строение Вселенной, «рождение» и развитие звезд, способы изучения небесных светил.

Московский планетарий проводит, кроме популярных, еще и учебные лекции. Их темы и содержание согласованы с школьными программами и помогают учащимся лучше усвоить многие разделы географии, физики, астрономии. А те школьники, которых особенно заинтересует астрономия, могут работать в кружках юных любителей астрономии.

Рядом с планетарием расположена отлично оборудованная астрономическая площадка. Здесь привлекают внимание огромные, выше роста человека, глобусы — земной и небесный, метеорологические приборы, астрономические инструменты.

Большой аппарат — **теллурий** воспроизводит два основных движения Земли: вокруг оси и вокруг Солнца — и наглядно показывает, как изменяется наклон солнечных лучей на различных широтах нашей планеты в разные месяцы.

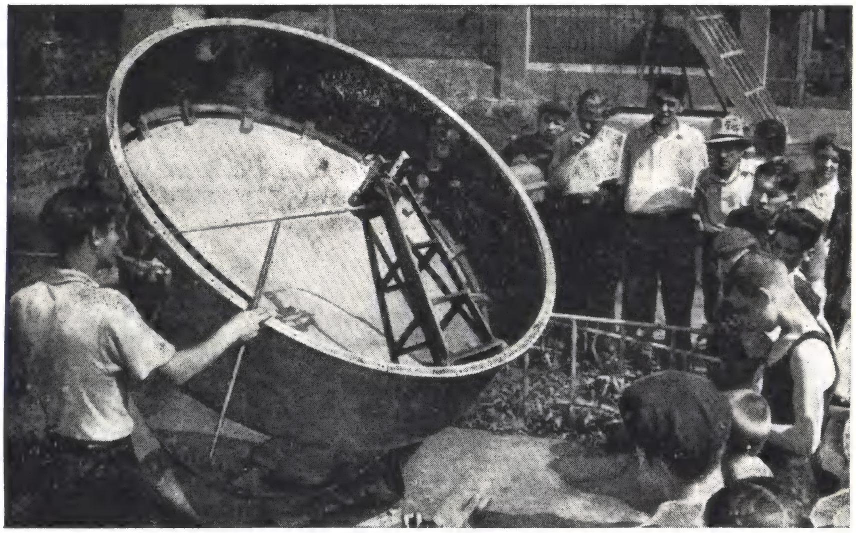
Летом в жаркие дни интересно посмотреть, как работает «солнечная станция»: большое вогнутое зеркало нагревает воду в котле и приводит в действие паровую турбину; другое зеркало плавит металл, третье — служит водоподогревателем.



Вода для этого душа нагревается с помощью солнечной установки.

На площадке можно узнать, как определяют точное время, и испытать свои навыки в астрономических наблюдениях: следя за движением искусственной звездочки, вы должны точно уловить момент ее прохождения через московский меридиан. Если вам это не удастся, не огорчайтесь: даже опытные наблюдатели не всегда могут достичь идеальной точности. Поэтому советский ученый Н. Н. Павлов изобрел точнейший способ автоматической регистрации посредством фотоэлемента момента прохождения звезды через меридиан. Благодаря этому изобретению и некоторым другим советская Служба времени стала одной из лучших в мире.

На астрономической площадке посетители планетария знакомятся и с другим замечательным советским изобретением — **менисковым телескопом**. Он создан выдающимся изобретателем Д. Д. Максутовым. Этот инструмент даже при небольших размерах дает значительное увеличение и гораздо более



Солнечная установка для плавки металлов.

Самое почетное место на площадке занимает небольшая башенка с вращающимся куполом — астрономическая обсерватория планетария с превосходным телескопом-рефрактором.

В ясные дни и вечера здесь много нетерпеливых гостей, каждому интересно воочию увидеть пятна на Солнце и лунные горы с округлыми кратерами. Особенным вниманием пользуются планеты: в телескоп можно наблюдать фазы Венеры, красный диск Марса, Юпитер с его «лунами», кольцо Сатурна и, разумеется, искусственные спутники Земли.

Кроме Москвы, планетарии построены в Ленинграде, Киеве, Горьком, Сталинграде и других городах. Они показывают (кроме Сталинградского планетария) не так много небесных явлений, как Московский планетарий, но уже стали лучшими друзьями школьников и всех людей, любящих астрономию. Без преувеличения можно сказать, что ни в одной стране нет столько планетариев и нигде не пропагандируются так широко астрономические знания, как в Советском Союзе.

четкое изображение небесных светил, чем любой другой телескоп.

На площадке установлена огромная армиллярная сфера. Это довольно сложное сооружение наглядно показывает воображаемые линии на небесном своде — экватор, эклиптику, меридиан, — которые помогают астрономам изучать движения небесных светил. На армиллярной сфере ясно виден путь Солнца в течение года, и в любой день можно указать, где находятся Солнце, Луна и все планеты.

Справочный отдел

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ О НЕБЕСНЫХ ТЕЛАХ

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЗНАКИ

ЗНАКИ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Солнце	⊙
Луна	☾
Марс	♂
Меркурий	☿
Юпитер	♃
Венера	♀
Сатурн	♄
Земля	♁
Уран	♅
Нептун	♆
Плутон	♇
Комета	☄
Астероид № 5	⑤

ЗЕМЛЯ

Экваториальный радиус	6 378 245 *м*
Полярный радиус	6 356 863 »
Сплюснутость земного эллипсоида	$\frac{1}{298,3} \pm 0,4$
Длина окружности экватора	40 075 696 *м*
Поверхность Земли	$5,1 \cdot 10^8$ *км*²
Объем Земли	$1,08 \cdot 10^{12}$ *км*³
Масса Земли	$5,974 \cdot 10^{27}$ *г*
Средняя плотность Земли	5,5 *г/см*³

ЛУНА

Расстояние Луны от Земли:	
наименьшее	363 000 *км*
наибольшее	406 000 »
среднее	384 400 »
Видимый угловой диаметр Луны:	
наименьший	29′24″
наибольший	33′40″
на среднем расстоянии от Земли	31′5″
Диаметр Луны	3476 *км*=0,27 диаметра Земли
Поверхность Луны	$3,8 \cdot 10^7$ *км*² (0,073 поверхности Земли)
Объем Луны	$22 \cdot 10^9$ *км*³=0,02 объема Земли
Масса Луны	$7,4 \cdot 10^{25}$ *г*$=\frac{1}{81,5}$ массы Земли
Плотность Луны	3,34 *г/см*³=0,6 плотности Земли
Звездный месяц	27 суток 7 час. 43 мин. 11,47 сек.
Синодический месяц	29 суток 12 час. 44 мин. 2,78 сек.

ЗНАКИ ЗОДИАКАЛЬНЫХ СОЗВЕЗДИЙ

♈	Овен (а также точка весеннего равноденствия)
♉	Телец
♊	Близнецы
♋	Рак (а также точка летнего солнцестояния)
♌	Лев (а также знак восходящего узла орбиты)
♍	Дева
♎	Весы (а также точка осеннего равноденствия)
♏	Скорпион
♐	Стрелец
♑	Козерог (а также точка зимнего солнцестояния)
♒	Водолей
♓	Рыбы

ЗНАКИ ФАЗ ЛУНЫ

● 🌑	Новолуние
☽ 🌓	Первая четверть
○ 🌕	Полнолуние
☾ 🌗	Последняя четверть

СОЛНЦЕ

Расстояние от Земли (среднее)	149 500 000±17 000 *км* = одна астрономическая единица
Видимый угловой диаметр Солнца:	
наименьший	31′27″
наибольший	32′31″
средний	31′59″
Диаметр Солнца	$D\odot$ = 1 391 000 *км* = 109 диаметров Земли
Поверхность Солнца	$6\cdot10^{12}$ *км*² (в 11 900 раз больше поверхности Земли)
Объем Солнца	$V\odot = 1{,}4\cdot10^{18}$ *км*³ = 1 301 000 объемов Земли
Масса Солнца	$M\odot = 1{,}98\cdot10^{33}$ *г* = 333 400 масс Земли
Плотность Солнца	1,4 *г/см*³ = 0,26 плотности Земли
Период вращения точек экватора (относительно звезд)	25 суток
Мощность общего излучения Солнца	$5{,}1\cdot10^{23}$ лошадиных сил
Видимая звездная величина	−26,8
Абсолютная звездная величина	+4,7
Температура поверхности Солнца	около 6000°

СВЕДЕНИЯ О НЕКОТОРЫХ НАИБОЛЕЕ ИЗВЕСТНЫХ МАЛЫХ ПЛАНЕТАХ *

№ планеты	Название	Диаметр (в *км*)	Звездная величина в близком и дальнем противостоянии	Большая полуось орбиты (в астрономических единицах)	Сидерический период обращения (в годах)
1	Церера	770,0	7,0—7,9	2,8	4,60
2	Паллада	490,0	6,7—9,3	2,8	4,61
3	Юнона	190,0	7,0—10,0	2,7	4,36
4	Веста	380,0	5,9—7,0	2,4	3,63
433	Эрос	20	6,7—11,3	1,5	1,76
944	Гидальго	25—50	11,0—19,0	5,8	13,95
1036	Ганимед	50	12,5	2,7	4,34
—	Гермес	1—2	8,0—18,0	1,3	1,46
1566	Икар	1—2	12,5	1,1	1,12

* Таблицу с данными о планетах см. на стр. 398.

ЭЛЕМЕНТЫ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

Планета	Спутник	Кто и когда открыл	Расстояние от планеты		Сидерический период обращения (в сутках)	Наклонение к орбите планеты	Диаметр (в км)	Масса (в единицах массы Земли)
			в экв. радиусах планеты	в тыс. км				
Земля	Луна	—	60,3	384,4	27,3	5°09′	3476	1/81,5
Марс	2 спутника: I. Фобос .	Холл, 1877	2,8	9,4	0,3	25°11′	15	—
	II. Деймос .	» »	7,0	23,5	1,3	24°16′	8	—
Юпитер	12 спутников; наиболее крупные из них:							
	I. Ио	Галилей, 1610	5,9	421	1,8	3°07′	3700	1/70
	II. Европа . . .	» »	9,4	671	3,6	3°06′	ок. 3000	1/124
	III. Ганимед . .	» »	15,0	1070	7,2	3°02′	5150	1/39
	IV. Каллисто . .	» »	26,5	1882	16,7	2°43′	5180	1/70
Сатурн	9 спутников; самые крупные из них:							
	I. Мимас . . .	Гершель, 1789	3,1	186	0,9	26°45′	ок. 650	1/171 000
	II. Энцелад . .	» »	4,0	238	1,4	26°45′	» 800	1/42 700
	III. Тефия . . .	Ж. Кассини, 1684	4,9	295	1,9	26°45′	» 1300	1/9700
	IV. Диона . . .	» »	6,3	377	2,7	26°45′	» 1100	1/5500
	V. Рея	» 1672	8,8	527	4,5	26°42′	» 1750	1/2600
	VI. Титан	Гюйгенс, 1655	20,4	1220	15,9	26°07′	» 5500	1/43
	VII. Япет	Ж.Кассини, 1671	59,4	3562	79,3	16°18′	» 1600	1/850
Уран	5 спутников:							
	V. Миранда* . .	Койпер, 1948	5,1	120	1,4	—	—	—
	I. Ариэль* . .	Лассель, 1851	7,5	192	2,5	97°59′	950	—
	II. Умбриэль* .	» »	10,5	267	4,1	97°59′	ок. 700	—
	III. Титания* . .	Гершель, 1787	17,2	438	8,7	97°59′	» 1700	—
	IV. Оберон* . .	» »	23,0	586	13,5	97°59′	» 1500	—
Нептун	2 спутника: I. Тритон**	Лассель, 1846	12,9	354	5,9	139°49′	» 5000	1/17
	II. Нереида	Койпер, 1949	222,0	5570	359,4	6°31′	» 300	—

* Движение обратное, совпадающее с направлением вращения Урана.

** Движение обратное.

САМЫЕ ЯРКИЕ ЗВЕЗДЫ НЕБА

Звезда и созвездие	Видимая звездная величина	Светимость	Расстояние (в световых годах)	Звезда и созвездие	Видимая звездная величина	Светимость	Расстояние (в световых годах)
Сириус (Б. Пес)	—1,3	17	8,7	Альтаир (Орел)	+0,9	8	16,3
Канопус (Киль)	—0,9	5 400	180	Бетельгейзе (Орион) . .	+0,9	13 000	650
Альфа Центавра	+0,3	1	4,3	Альфа Креста	+1,0	1 650	245
Вега (Лира)	+0,1	44	26,5	Альдебаран (Телец) . .	+1,1	120	68
Капелла (Возничий) . .	+0,2	125	45	Поллукс (Близнецы) . .	+1,2	30	35
Арктур (Волопас) . . .	+0,2	78	36	Спика (Дева)	+1,2	575	155
Ригель (Орион)	+0,3	23 000	650	Антарес (Скорпион) . .	+1,2	690	170
Процион (М. Пес) . . .	+0,5	6	11,3	Фомальгаут (Южн. Рыба)	+1,3	11	23
Ахернар (Эридан) . . .	+0,6	370	140	Денеб (Лебедь)	+1,3	9 400	650
Бета Центавра	+0,9	1 450	200	Регул (Лев)	+1,3	145	84

ПОЛНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ с 1959 по 2000 г.

Середина полного затмения по московскому времени			Наибольшая продолжительность полного затмения (в минутах)	Где затмение будет видно как полное
Год	Месяц и число	Час		
1959	Октябрь, 2	16	3	Канарские о-ва, Центральная Африка
1961	Февраль, 15	11	3	Франция, Италия, Венгрия, СССР
1962	» 5	3	4	Новая Гвинея
1963	Июль, 21	0	1	Аляска
1965	Май, 31	0	5	Тихий океан
1966	Ноябрь, 12	17	2	Боливия, Аргентина, Бразилия
1968	Сентябрь, 22	14	1	Арктика, Сибирь, Китай
1970	Март, 7	21	3	Мексика, Флорида
1972	Июль, 10	23	3	Северо-Восточная Азия, Канада
1973	Июнь, 30	15	7	Южная Америка, Африка
1974	» 20	8	5	Австралия
1976	Октябрь, 23	8	5	Африка, Австралия
1977	» 13	0	3	Венесуэла, Тихий океан
1979	Февраль, 26	20	3	США, Канада
1980	» 16	12	4	Африка, Индия
1981	Июль, 31	7	2	Тихий океан, Сибирь
1983	Июнь, 11	8	5	Ява, Тихий океан
1984	Ноябрь, 23	2	2	Патагония, Тихий океан
1985	» 12	17	1	Антарктика
1986	Октябрь, 3	22	2	Гренландия
1987	Март, 29	16	0	Африка
1988	» 18	5	4	Тихий океан, Суматра
1990	Июль, 22	6	3	Финляндия, северная Сибирь
1991	» 11	22	7	Тихий океан, Центральная Америка
1992	Июнь, 30	15	5	Атлантический океан
1994	Ноябрь, 3	17	5	Тихий океан, Южная Америка
1995	Октябрь, 24	8	2	Тихий океан
1997	Март, 9	4	3	Восточная Сибирь
1998	Февраль, 26	20	4	Тихий океан, Центральная Америка
1999	Август, 11	14	3	Западная Европа, Иран, Индия

ПОЛНЫЕ ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ с 1960 по 2000 г.

Год	Месяц и число	Начало полного затмения по московскому времени	Конец полного затмения по московскому времени	Видимость в Европейской части СССР
1960	Март, 13	10 час. 42 мин.	12 час. 18 мин.	Нет
1960	Сентябрь, 5	13 » 38 »	15 » 8 »	»
1961	Август, 26	6 » 1 »	6 » 15 »	»
1963	Декабрь, 30	13 » 25 »	14 » 49 »	»
1964	Июнь, 25	3 » 18 »	4 » 56 »	»
1964	Декабрь, 19	5 » 3 »	6 » 7 »	Да
1967	Апрель, 24	14 » 26 »	15 » 28 »	Нет
1967	Октябрь, 18	12 » 48 »	13 » 44 »	»
1968	Апрель, 13	7 » 21 »	8 » 17 »	»
1968	Октябрь, 6	14 » 10 »	15 » 12 »	»
1971	Февраль, 10	10 » 3 »	11 » 21 »	»
1971	Август, 6	21 » 53 »	23 » 35 »	Да
1972	Январь, 30	13 » 32 »	14 » 14 »	Нет
1974	Ноябрь, 29	17 » 38 »	18 » 54 »	Да
1975	Май, 25	8 » 1 »	9 » 31 »	Нет
1975	Ноябрь, 19	1 » 1 »	1 » 47 »	Да
1978	Март, 25	18 » 40 »	20 » 10 »	»
1978	Сентябрь, 16	21 » 22 »	22 » 44 »	»
1979	» 6	13 » 28 »	14 » 20 »	Нет
1982	Январь, 9	22 » 14 »	23 » 38 »	Да
1982	Июль, 6	9 » 39 »	11 » 19 »	Нет
1982	Декабрь, 30	13 » 53 »	14 » 59 »	»
1985	Май, 4	22 » 22 »	23 » 32 »	Да
1985	Октябрь, 28	20 » 22 »	21 » 4 »	»
1986	Апрель, 24	15 » 10 »	16 » 18 »	Нет
1986	Октябрь, 17	21 » 42 »	22 » 56 »	Да
1989	Февраль, 20	17 » 59 »	19 » 15 »	»
1989	Август, 17	5 » 15 »	6 » 53 »	Нет
1990	Февраль, 9	21 » 49 »	22 » 35 »	Да
1992	Декабрь, 10	2 » 6 »	3 » 20 »	»
1993	Июнь, 4	15 » 11 »	16 » 49 »	Нет
1993	Ноябрь, 29	9 » 1 »	9 » 51 »	»
1996	Апрель, 4	2 » 27 »	3 » 51 »	Да
1996	Сентябрь, 27	5 » 17 »	6 » 29 »	»
1997	» 16	21 » 14 »	22 » 20 »	»

Краткая хронологическая таблица по истории астрономии

До нашей эры	
Около 3000 лет	Первые записи астрономических наблюдений у египтян, вавилонян и китайцев.
1100	Определение наклонения эклиптики к экватору Чу Конгом в Китае.
585	Первое предсказание в Греции солнечного затмения Фалесом.
IV в.	Изложение Аристотелем своих представлений о шарообразности Земли и об устройстве Вселенной с Землей в центре.
III в.	Первое определение размеров земного шара греческим ученым Эратосфеном.
III в.	Первые попытки определения расстояния до Луны и Солнца Аристархом (Греция).
II в.	Составление первого систематического звездного каталога и открытие медленного перемещения небесного полюса Гиппархом (Греция).
II в. н. э.	Попытка обосновать геоцентрическую систему мира греческим ученым Птолемеем.
1515—1543	Открытие движения Земли и планет вокруг Солнца Николаем Коперником (Польша).
1609—1619	Открытие И. Кеплером законов движения планет (Австрия).
1609—1633	Первое применение зрительной трубы в астрономических наблюдениях. Открытие пятен на Солнце, фаз Венеры, гор на Луне, спутников Юпитера, звездного строения Млечного Пути Галилеем (Италия).
1672	Первое достаточно точное определение расстояния Земли от Солнца Дж. Кассини (Франция).
1687	Опубликование закона всемирного тяготения И. Ньютоном (Англия).
1718	Открытие Галлеем движения звезд в пространстве (Англия).
1725	Основание обсерватории Академии наук в Петербурге.
1755	Опубликование первой научной гипотезы происхождения небесных тел И. Кантом (Германия).

1761	Открытие М. В. Ломоносовым атмосферы у планеты Венеры.
1781	Открытие В. Гершелем планеты Уран (Англия).
1801	Открытие первой малой планеты — Цереры Дж. Пиацци (Италия).
1837	Первое измерение расстояния до звезд В. Я. Струве (Россия).
1839	Открытие Пулковской обсерватории в России.
1846	Открытие планеты Нептун по вычислениям Леверье (Франция).
1847	Опубликование В. Я. Струве труда «Этюды звездной астрономии», в котором заложены основы современных знаний о строении нашей Галактики.
1859	Начало применения спектрального анализа в астрономии.
1868	Открытие способа наблюдать солнечную атмосферу и протуберанцы вне затмения Жансеном (Франция) и Локьером (Англия).
1877	Разработка теории комет Ф. А. Бредихиным (Россия).
1908	Открытие Г. Ливитт соотношения между периодом изменения блеска переменных звезд — цефеид и их истинной силой света (США).
1924	Открытие Э. Хабблом существования других звездных систем, подобных нашей Галактике (США).
1927	Открытие вращения нашей звездной системы — Галактики Я. Оортом (Голландия).
1927	Открытие вращения звезд Г. А. Шайном (СССР) и О. Л. Струве (США).
1941	Изобретение менискового телескопа Д. Д. Максутовым (СССР).
40-е годы XX в	Начало развития радиоастрономии.
1957—1958	Запуск первых искусственных спутников Земли (СССР, США).
1959	2 января запуск в СССР первой космической ракеты во Вселенную. Ракета стала новой малой планетой солнечной системы. Это событие открывает эру межпланетных полетов.

Что читать по астрономии

Задача настоящего библиографического указателя— помочь читателям Детской энциклопедии расширить и углубить знания по астрономии, подробнее ознакомиться с современными представлениями о строении и развитии Вселенной и оказать им помощь в самостоятельных астрономических наблюдениях.

Научно-популярных книг по астрономии очень много, и перед читателем открываются широкие возможности в выборе книг по различным вопросам науки о Вселенной. Однако читателю следует выбирать сначала такие книги, которые в наибольшей степени отвечают его запросам и доступны ему по изложению. Особенно важно, чтобы книга соответствовала уровню знаний читателя по математике и физике. Поэтому в первую очередь в указателе рекомендуются такие книги и брошюры, чтение которых не требует знаний по математике и физике, превышающих подготовку читателей. В указатель нами включены и такие книги, которые рассчитаны на читателей, уже знакомых с основами астрономии и особенно интересующихся этой наукой. Краткие аннотации на включенные в указатель книги помогут читателю выбрать из имеющейся литературы наиболее подходящие и интересные книги.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ АСТРОНОМИИ

Вальдгард С. Л. Беседы о Вселенной. М., «Московский рабочий», 1957. 174 стр. с рис.

Гурев Г. А. Что такое Вселенная. Изд. 3-е, стереотип. М., Гостехиздат, 1957. 200 стр. с рис.

В обеих книгах рассказано об успехах современной астрономии, объясняющей картину Вселенной, бесконечной в пространстве и во времени.

Более сжато этот же вопрос освещен в брошюре Г. А. Гурева «Наука и религия о строении Вселенной». М., «Молодая гвардия», 1955. 64 стр.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной. Изд. 3-е. М., Гостехиздат, 1955. 535 стр. с рис.

В книге обстоятельно освещены все основные вопросы изучения Вселенной. В первых главах автор знакомит читателя с приборами и инструментами, с помощью которых астрономы изучают небесные тела. Далее дано описание «мира твердого вещества» — планет солнечной системы, астероидов, комет, метеоров и метеоритов. Главное внимание в книге уделено «миру газа» — звездам и туманной материи. Подробно рассказано о строении Вселенной, происхождении и развитии Земли, планет, Солнца и звезд по современным представлениям, об успехах новой области науки о Вселенной — радиоастрономии.

Огородников К. Ф. Сколько звезд на небе. Изд. 2-е. М., Гостехиздат, 1954. 40 стр. с рис. (Науч.-попул. б-ка. Вып. 66).

В брошюре рассказывается, что во Вселенной неисчислимое множество звезд. Солнце, вокруг которого обращаются Земля и другие планеты,— только рядовая звезда в нашей звездной системе — Галактике.

Перельман Я. И. Занимательная астрономия. Под ред. П. Г. Куликовского. Изд. 8-е. М., Гостехиздат, 1956. 212 стр. с рис.

Книга разъясняет читателю основные астрономические факты и понятия в форме наводящих вопросов, остроумно сформулированных задач и занимательных примеров. Написанная талантливым популяризатором, автором ряда аналогичных книг («Занимательная физика», «Занимательная механика» и др.), «Занимательная астрономия» давно пользуется заслуженной популярностью у читателей.

Полак И. Ф. Время и календарь. Изд. 3-е. М.—Л., Гостехиздат, 1949. 40 стр. с рис. и карт.

В брошюре дано представление об астрономических основах счета времени и истории создания современного календаря.

Селешников С. И. История современного календаря. К предстоящей его реформе. Л. 1958. 56 стр. с рис. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний, Ленинградское отделение).

В брошюре дан исторический очерк развития календаря и изложены перспективы его дальнейшего улучшения и уточнения.

Шур Я. И. Когда? М., Детгиз, 1958. 156 стр. с рис.

Обстоятельный очерк истории календаря от глубокой древности до настоящего времени.

Паренаго П. П. Астрономические обсерватории. (Как изучают небо). М., Гостехиздат, 1953. 52 стр. с рис. (Попул. лекции по астрономии. Вып. 1).

В брошюре рассказано, как работают астрономы, как они достигают высокой точности наблюдений, какие трудности при этом возникают и как они преодолеваются. Кратко рассказано о Пулковской обсерватории и о других крупных советских обсерваториях.

Куликов К. А. Астрономия на службе народного хозяйства. М., Гостехиздат, 1957. 80 стр. с рис. (Попул. лекции по астрономии. Вып. 7).

Разъясняется огромное значение астрономии для жизненной практики, особенно возрастающее

в условиях социалистического общества, когда с помощью астрономии решаются многие важнейшие вопросы, начиная со Службы точного времени и кончая запуском искусственных спутников Земли и Солнца.

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Тер-Оганезов В. Т. Солнечные затмения. М., Гостехиздат, 1954. 40 стр. с рис. (Науч.-попул. б-ка. Вып. 69); Михайлов А. А. Солнечные и лунные затмения. Изд. 3-е. М.—Л., Гостехиздат, 1951. 40 стр. с рис. (Науч.-попул. б-ка. Вып. 5).

В этих брошюрах кратко и общедоступно изложены причины затмений и объяснено научное значение наблюдений этих явлений.

Тер-Оганезов В. Т. Солнечные и лунные затмения. Изд. 3-е, доп. М., Госкультпросветиздат, 1954. 126 стр. с рис.

В этой книге более подробно, чем в двух предыдущих, изложены вопросы, связанные с солнечными и лунными затмениями.

Новикова Н. Г. «Необыкновенные» небесные явления. Под ред. К. Л. Баева. Изд. 5-е. М., Гостехиздат, 1954. 64 стр. с рис. (Науч.-попул. б-ка. Вып. 24).

В брошюре рассказывается о солнечных и лунных затмениях, появлении комет, падении метеоритов и других небесных явлениях, которые долгое время казались людям загадочными.

Аристов Г. А. Солнце. Изд. 3-е, перераб. М., Гостехиздат, 1954. 40 стр. с рис. (Науч.-просвет. б-ка. Вып. 5).

Брошюра содержит краткий очерк современных представлений о природе Солнца и его месте среди звезд.

Ивановский М. П. Солнце и его семья. Науч. ред. М. С. Эйгенсон. Л., Детгиз, 1954. 420 стр. с рис. и карт. (Школьная б-ка).

В книге подробно освещается устройство солнечной системы, природа Солнца, планет и их спутников, малых планет, комет и метеоров. Особенно подробно рассказано о Земле как о небесном теле и о влиянии происходящих на Солнце физических процессов на земные явления.

Кринов Е. Л. Планеты-карлики (астероиды). М., Изд-во Акад. наук СССР, 1951. 76 стр. с рис. (Акад. наук СССР. Науч.-попул. серия).

В брошюре изложены современные знания о малых планетах, показано, что изучение малых планет способствует выяснению закономерностей строения солнечной системы и ее происхождения.

Зигель Ф. Ю. Что такое кометы. М., Гостехиздат, 1956. 32 стр. с рис. (Науч.-просвет. б-ка. Вып. 10).

В брошюре популярно рассказано о природе комет и их связи с другими телами солнечной системы.

Зигель Ф. Ю. Кометы. Изд. 2-е. М., Гостехиздат, 1955. 72 стр. с рис. (Попул. лекции по астрономии. Вып. 2).

В брошюре рассказывается о физической природе комет, их происхождении и роли в солнечной системе. Брошюра рассчитана на более подготовленного читателя.

Кринов Е. Л. Метеориты. М., Физматгиз, 1958. 108 стр. с рис. (Попул. лекции по астрономии. Вып. 8).

Метеориты— единственные космические тела, падающие на Землю и поэтому доступные для физического и химического исследования. В книге рассказано о падениях метеоритов, их природе, происхождении и о связи их с другими телами солнечной системы.

Зигель Ф. Ю. Небесные камни. М.—Л., Детгиз, 1951. 142 стр. с рис.

В общедоступной форме автор рассказывает о метеоритах и их роли во Вселенной.

Федынский В. В. Метеоры. М., Гостехиздат, 1956. 112 стр. с рис. (Попул. лекции по астрономии. Вып. 4).

В книге изложены современные представления о метеорах и их связи с кометами и другими телами солнечной системы.

Рябов Ю. А. Движения небесных тел. М., Гостехиздат, 1956. 160 стр. с рис.

Науку, изучающую законы движения небесных тел,— небесную механику —очень трудно популярно излагать. Удачная попытка такого изложения дана в книге Ю. А. Рябова.

В книге рассказывается об истории развития представлений о движении небесных тел, об открытии закона всемирного тяготения, о последующих и современных достижениях в изучении этих вопросов. Книга рассчитана на подготовленного читателя.

ЗВЕЗДЫ И ЗВЕЗДНЫЕ СИСТЕМЫ

Агекян Т. А. Звездная Вселенная. М., Гостехиздат, 1955. 236 стр. с рис.

В этой книге подробно освещены вопросы строения и развития звезд и звездных систем. Книга рассчитана на более подготовленного читателя.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Новые и сверхновые звезды. Стенограмма публичной лекции. М., «Знание», 1953. 32 стр. с рис. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний. Серия 3, п. 27); Мустель Э. Р. Новые и сверхновые звезды. Стенограмма публичной лекции. М., «Правда», 1951. 22 стр. с рис. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний).

Авторы этих брошюр-лекций широко известны как исследователи новых и сверхновых звезд. В брошюрах излагаются современные представления о природе и причинах вспышек таких звезд.

Вселенная. Сборник. Сост. В. А. Бронштэн, науч. ред. К. П. Станюкович. М., Госкультпросветиздат, 1955. 403 стр. с рис., 29 л. на вклейках.

Сборник состоит из ряда очерков, охватывающих все основные разделы науки о Вселенной. В начале книги даны исторический обзор развития астрономии как науки и очерк о методах исследования небесных тел. Ряд очерков посвящен солнечной системе и перспективам космических полетов. Остальные очерки освещают вопросы строения и развития Вселенной. Книга содержит много иллюстраций и указатель научно-популярной литературы по астрономии (60 названий). Большинство очерков написано достаточно популярно для молодых читателей, интересующихся астрономией.

Ивановский М. П. Дороги к звездам. Науч. ред. В. А. Крат. Л., «Молодая гвардия», 1950. 266 стр. с рис.

Ивановский М. П. Разведка далеких миров. М.—Л., Детгиз, 1951. 416 стр. с рис.

В этих книгах рассказывается об исследованиях далеких глубин Вселенной, о том, как были измерены расстояния до звезд и определены их размеры, химический состав и движения в пространстве; как современная наука подошла к вопросам изучения физической природы звезд и их происхождения.

Комаров В. Н. Движения звезд. М., Гостехиздат, 1957, 68 стр. с рис. (Попул. лекции по астрономии. Вып. 6).

Знание законов движений звезд служит основой для выяснения строения и развития нашей и других звездных систем. Данная брошюра, излагающая современные знания о движениях звезд, рассчитана на читателя, знакомого с основами астрономии.

Масевич А. Г. История Солнца. Перераб. и доп. изд. М., «Молодая гвардия», 1955. 182 стр. с рис. Цесевич В. П. Внутреннее строение Солнца и звезд (брошюра-лекция). М., «Знание», 1955. 32 стр. с рис.

Обе книги рассказывают о современных взглядах на происхождение и природу Солнца — этой ближайшей к нам звезды, изучение которой позволяет сделать важные выводы о природе звезд вообще.

Мартынов Д. Я. Межзвездная материя. М., «Знание», 1955. 32 стр. с рис. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний. Серия 3, № 22).

В этой брошюре-лекции автор — известный советский астроном — знакомит читателей с современными знаниями о природе диффузной (газовой и пылевой) материи, заполняющей межзвездное пространство в нашей и других галактиках, и о связи этой материи со звездами.

Паренаго П. П. В мире звезд. М.—Л., Гостехиздат, 1957. 96 стр. с рис. (Попул. лекции по астрономии. Вып. 5).

В книге рассказано о бесконечном многообразии мира звезд и освещены современные представления о природе звезд и диффузной материи, о строении нашей звездной системы — Галактики и других галактик. Книга рассчитана на подготовленного читателя.

Харадзе Е. К. В глубинах Вселенной. М., «Знание», 1956. 32 стр. с рис. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний. Серия 3, № 75). Печатается по решению жюри конкурса, проведенного Всесоюзным обществом, на лучшую популярную научно-атеистическую и естественнонаучную брошюру).

В брошюре дан краткий очерк исторического развития и современного состояния знаний о строении Вселенной.

Шкловский И. С. Радиоастрономия. Популярный очерк. Изд. 2-е, доп. М., Гостехиздат, 1955. 296 стр. с рис.

По радиоволнам, улавливаемым земными радиотелескопами, оказалось возможным судить о физических процессах, происходящих на огромных расстояниях от Земли, о природе небесных тел — источников радиоизлучения. Так возник новый раздел науки о Вселенной — радиоастрономия.

В книге подробно изложены основы радиоастрономии и успехи, достигнутые с ее помощью. Книга рассчитана на более подготовленного читателя.

Краткое и более доступное изложение успехов радиоастрономии дано в книге Б. А. Воронцова-Вельяминова «Очерки о Вселенной», в сборнике «Вселенная» и в лекции-брошюре С. Э. Хайкина «Радиоастрономия». М., «Знание», 1954. 64 стр. с рис.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Барабашев Н. П. О происхождении Земли и других небесных тел. М., Госкультпросветиздат, 1955. 108 стр. с рис.

В этой книге дается общий обзор современных знаний об устройстве Вселенной, рассказывается о прежних космогонических гипотезах, начиная с гипотез Бюффона, Канта и Лапласа, и о достижениях современной передовой науки в вопросе о происхождении Земли, планет, Солнца и звезд.

Сытинская Н. Н. Современная наука о происхождении солнечной системы. М., Изд-во Акад. пед. наук РСФСР, 1956. 96 стр. с рис.

В этой книге рассказывается о сложном пути развития космогонии от первоначальных наивных представлений в древности до современных представлений, основанных на достижениях астрономии, физики и других смежных наук.

Левин Б. Ю. Происхождение Земли и планет. Изд. 2-е, доп. М., Гостехиздат, 1956. 72 стр. с рис. (Попул. лекции по астрономии. Вып. 3).

В этой книге космогонические воззрения прошлого изложены сжато. Основное внимание уделено теории происхождения и развития Земли и планет, разработанной выдающимся советским ученым акад. О. Ю. Шмидтом совместно с коллективом ученых.

Воронцов-Вельяминов Б. А Происхождение небесных тел. Изд. 2-е, перераб. М., Гостехиздат, 1954. 32 стр. с рис. (Науч.-просвет. б-ка. Вып. 2).

В брошюре кратко рассказано о том, что небесные тела — планеты, звезды и туманности — не возникают «из ничего», а образуются из других форм материи.

Фесенков В. Г. Происхождение и развитие небесных тел по современным данным. М., Изд-во Акад. наук СССР, 1953. 64 стр. с рис. (Акад. наук СССР. Науч.-попул. серия).

Выдающийся советский астроном акад. В. Г. Фесенков в этой книге в популярной форме излагает разделяемые многими учеными взгляды, согласно которым звезды и окружающие их планеты образуются в результате уплотнения облаков газово-пылевой материи. Книга доступна более подготовленным читателям.

Лаберенн П. Происхождение миров. Пер. с франц. М., Гостехиздат, 1957. 260 стр. с рис.

В этой книге, написанной прогрессивным французским ученым, критикуются ошибочные взгляды некоторых буржуазных ученых на происхождение и развитие небесных тел и освещаются взгляды передовых, в частности советских, ученых, успешно занимающихся изучением развития Земли, планет, звезд и звездных систем.

ЖИЗНЬ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Сытинская Н. Н. Есть ли жизнь на небесных телах. М., Изд-во Акад. наук СССР, 1949. 108 стр. с рис. (Акад. наук СССР. Науч.-попул. серия).

Автор доказывает, что нет жизни на Меркурии, на Луне и на дальних планетах солнечной системы. Вопрос о жизни на Венере пока остается открытым из-за трудности изучения этой планеты; на Марсе жизнь возможна, но предположение о населенности его разумными существами не имеет под собой почвы.

Тихов Г. А. Астробиология. М., «Молодая гвардия», 1953. 68 стр. с рис.

Известный советский астрофизик Г. А. Тихов посвятил много лет изучению вопроса о возможно-

сти жизни на других планетах. Исходя из данных о приспособляемости живых организмов к окружающим условиям, Г. А. Тихов утверждает наличие растительной жизни на Марсе и Венере и предполагает существование микроорганизмов на Юпитере. Книга написана живо и доступно, но необходимо иметь в виду, что взгляды Г. А. Тихова разделяются далеко не всеми учеными.

Зигель Ф. Ю. Загадка Марса. М., Детгиз, 1956. 128 стр. с рис. и карт. (Школьная б-ка).

В книге рассказано о природе Марса и истории его изучения. Особое внимание уделено изложению взглядов Г. А. Тихова.

Из больших планет солнечной системы Марс наиболее доступен для изучения. По своей физической природе он более сходен с Землей, чем далекие планеты, а также Луна и Меркурий. Поэтому высказывалось — и в данной книге излагается — мнение о существовании на Марсе растительности, а может быть, и животных. «Загадка Марса» — это вопрос о возможности жизни на нем.

Опарин А. И., Фесенков В. Г. Жизнь во Вселенной. М., Изд-во Акад. наук СССР, 1956. 224 стр. с рис. (Акад. наук СССР. Науч.-попул. серия).

Книга написана двумя выдающимися учеными: биологом-химиком и астрономом. Возникновение и развитие жизни связано со сложнейшими и длительными физическими и химическими процессами, которые могут осуществляться далеко не на каждой планете.

В главе, написанной А. И. Опариным, изложены (в значительной степени по исследованиям самого автора) современные представления о происхождении и развитии жизни на Земле. В остальных главах, написанных В. Г. Фесенковым, обстоятельно рассказано о строении Вселенной по современным данным, о природе планет солнечной системы и возможности жизни на них. Автор приходит к выводу, что в пределах солнечной системы нет других очагов жизни, кроме Земли. Но планеты, безусловно, существуют у многих звезд, и в бесконечной Вселенной множество обитаемых миров.

Книга рассчитана на читателей, уже знакомых с основами астрономии, физики, химии.

Цесевич В. П. Есть ли жизнь на других планетах. М., Гостехиздат. 1956. 40 стр. с рис. (Науч.-просвет. б-ка. Вып. 15).

КОСМИЧЕСКИЕ СООБЩЕНИЯ

Штернфельд А. А. От искусственных спутников к межпланетным полетам. М., Гостехиздат, 1957. 128 стр. с рис.

Осуществленный в СССР запуск первых искусственных спутников Земли — преддверие межпланетных полетов, являющихся делом уже недалекого будущего. В книге рассказано о трудностях, связанных с осуществлением космических путешествий, и о путях их преодоления, о значении искусственных спутников, об условиях и обстоятельствах полетов на Луну и близкие планеты солнечной системы.

Васильев М. В. Путешествие в Космос. М., Госкультпросветиздат, 1955. 176 стр. с рис.

В книге подробно рассказано о перспективах межпланетных путешествий. Большое внимание уделено вопросам возможных конструкций космических кораблей, условиям полета и искусственным спутникам Земли.

Ляпунов Б. В. Открытие мира. М., «Молодая гвардия», 1956. 160 стр. с рис.

В книге Б. В. Ляпунова подробно рассказано о деятельности и жизни К. Э. Циолковского — русского ученого, основоположника астронавтики — науки о космических полетах.

ИЗ ИСТОРИИ АСТРОНОМИИ

Куницкий Р. В. Развитие взглядов на строение солнечной системы. Изд. 5-е. М., Гостехиздат, 1952. 80 стр.

В книге излагается история познания устройства солнечной системы. В ней рассказывается о геоцентрической системе Аристотеля и Птолемея, о великом открытии Коперника и развитии его гелиоцентрического учения в трудах Бруно, Кеплера, Галилея, Ньютона и Ломоносова.

Всехсвятский С. К. Как познавалась Вселенная. Изд. 2-е, перераб. М., Гостехиздат, 1955. 48 стр. с рис. (Науч.-просвет. б-ка. Вып. 8).

Брошюра состоит из двух глав. В первой кратко изложено развитие астрономических знаний от древности до XIX в.; во второй — современные представления о строении Вселенной.

Уйбо А. А. Из истории борьбы науки против религии. М., «Знание», 1956. 32 стр. с рис. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний. Серия 2, № 3).

В брошюре разъясняется несовместимость науки, раскрывающей объективные законы природы и общества, с религиозными предрассудками и рассказывается о выдающейся роли в борьбе за передовое научное мировоззрение титанов мысли — Коперника, Бруно, Галилея — и о том, как религия и церковь преследовали этих передовых ученых, но не могли остановить развитие новой науки.

Бублейников Ф. Д. Очерк развития представлений о Земле. М., Изд-во Акад. наук СССР, 1955. 208 стр. с рис. (Акад. наук СССР. Науч.-попул. серия).

Большая часть этой книги, рассчитанной на более подготовленного читателя, посвящена изложению развития знаний о Земле как планете в связи с общим развитием астрономических знаний и созданием правильных представлений о Вселенной. В остальных главах рассказано о физических свойствах и внутреннем строении Земли.

Огородников К. Ф. От первых наблюдений звезд к современной науке о строении Вселенной. Исторический очерк. Стенограмма публичной лекции. Л., 1953. 32 стр. (Всесоюз. о-во по распростр. полит. и науч. знаний, Ленинградское отделение).

Развитие знаний о Вселенной кратко изложено в этой брошюре.

Баев К. Л. Создатели новой астрономии. Коперник, Бруно, Кеплер, Галилей. Изд. 2-е. М., Учпедгиз, 1955. 125 стр. с рис. и карт.

Книга содержит биографии Коперника, Бруно, Кеплера, Галилея.

Ревзин Г. Николай Коперник (1473—1543). М., «Молодая гвардия», 1949. 430 стр. с рис. (Жизнь замечательных людей).

В этой книге подробно описана жизнь и деятельность Коперника — основоположника современной астрономии, великого ученого-новатора, исключительно разностороннего научного и общественного деятеля, патриота своей родины.

Куликовский П. Г. М. В. Ломоносов — астроном и астрофизик. М.—Л., Гостехиздат, 1950. 88 стр. с рис.

В этой брошюре кратко изложено развитие астрономических знаний в России до Ломоносова включительно. Характеризуются жизненный путь Ломоносова и его кипучая деятельность, проложившая новые пути во многих областях науки. Освещаются астрономические труды Ломоносова.

Перель Ю. Г. Выдающиеся русские астрономы. Под ред. чл.-корр. Акад. наук СССР С. Н. Блажко. М.—Л., Гостехиздат, 1951. 216 стр. с рис.

В книге даны общий исторический очерк развития астрономии в России до середины XIX в. и очерки о жизни и деятельности наиболее выдающихся русских астрономов второй половины XIX и начала XX в.: Ф. А. Бредихина, В. К. Цераского, А. А. Белопольского, М. А. Ковальского, С. П. Глазенапа, П. К. Штернберга, С. К. Костинского, А. П. Ганского. Приводятся также данные о деятельности других крупных русских астрономов той же эпохи.

Для молодых читателей, наиболее подготовленных и серьезно заинтересовавшихся историей астрономии, могут быть предложены книги:

Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки истории астрономии в России. М., Гостехиздат, 1956. 372 стр. с рис.

В этой книге обстоятельно освещена история астрономии в России. Наибольшее внимание уделено развитию науки о Вселенной в нашей стране в XVIII, XIX и в начале XX в. Даны история основных обсерваторий, в том числе и всемирно известной Пулковской, и очерки жизни и деятельности наиболее выдающихся русских астрономов: В. Я. Струве, Ф. А. Бредихина, В. К. Цераского, А. А. Белопольского и др.

Перель Ю. Г. Развитие представлений о Вселенной. М., Физматгиз, 1958. 352 стр. с рис.

В книге обстоятельно изложена история развития знаний о Вселенной от примитивных представлений древних до выводов современной науки. Наибольшее внимание уделено истории астрономических знаний в XVIII—XX вв. Специальная глава в конце книги посвящена вопросу о жизни во Вселенной.

КАК НАБЛЮДАТЬ НЕБЕСНЫЕ ТЕЛА

Набоков М. Е. Астрономические наблюдения с биноклем. М.—Л., Гостехиздат, 1948. 184 стр. с рис.

Книга является практическим руководством для ведения астрономических наблюдений с биноклем, без помощи более сложных и дорогих инструментов. В книге изложена методика и даны необходимые указания для наблюдений Солнца, больших планет, Луны, звезд, метеоров и комет. Такие любительские наблюдения могут быть очень ценны для науки.

Навашин М. С. Телескоп астронома-любителя. М.—Л., Гостехиздат, 1949. 155 стр. с рис.

Навашин М. С. Самодельный телескоп-рефлектор. Под ред. чл.-корр. Акад. наук СССР Д. Д. Максутова. М., Гостехиздат, 1953. 240 стр. с рис.

В первой из книг этого автора дано подробное описание телескопа, вполне пригодного для научно-любительских наблюдений; во второй — руководство для самостоятельного изготовления такого телескопа. Автор этих книг — видный ученый-биолог и в то же время любитель-астроном — достиг больших успехов в изготовлении телескопов.

Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. Руководство к организации и проведению любительских научных наблюдений над небесными светилами. Изд. 2-е. М., Гостехиздат, 1955. 360 стр. с рис.

Автор — крупный советский астроном — описывает звездное небо, приводит сведения из математики и физики, необходимые для любителей астрономии, и дает подробные наставления для ведения наблюдений, которые при самых скромных средствах могут быть полезными для науки.

Шаронов В. П. Солнце и его наблюдение. Изд. 2-е. М., Гостехиздат, 1953. 220 стр. с рис.

Сытинская Н. Н. Луна и ее наблюдение. М., Гостехиздат, 1956. 254 стр. с рис.

Бронштэн В. А. Планеты и их наблюдение. Под ред. Н. Н. Сытинской. М., Гостехиздат, 1957. 268 стр. с рис.

Эти книги предназначены для любителей астрономии. В первой из них освещаются современные представления о природе Солнца, дается руководство для наблюдения солнечных явлений. Особое внимание уделено простейшим способам наблюдений солнечных пятен, которые вполне могут проводить члены школьных любительских кружков и отдельные любители. Во второй книге даны указания, как наблюдать Луну. В третьей книге подробно изложена методика любительских наблюдений планет солнечной системы.

Астрономические календари-ежегодники. Необходимое пособие для любительских наблюдений. На предстоящий год в календаре даются так называемые эфемеридные данные — положения небесных тел, сведения о предстоящих небесных явлениях и условиях их видимости для различных местностей.

В нашей стране ежегодно издаются следующие календари:

Школьный астрономический календарь. Ежегодно выпускается Государственным учебно-педагогическим издательством.

Краткий астрономический календарь. Сост. С. В. Дроздов и С. И. Семешников. Издается ежегодно издательством Академии наук СССР.

Астрономический календарь. Основан еще в 1895 г. и ежегодно составляется Всесоюзным Астрономо-геодезическим обществом; издается Государственным физико-математическим издательством (быв. Гостехиздат). Предназначен для более подготовленных любителей астрономии.

Во всех указанных календарях, кроме эфемеридных данных, публикуются статьи, освещающие успехи астрономии, памятные даты из истории астрономии, сведения о новых книгах и другие интересные для любителей материалы.

Куликовский П. Г. Справочник астронома-любителя. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Гостехиздат, 1953. 432 стр. с рис. и 21 л. карт.

В этой книге дано краткое изложение современных представлений о Вселенной, сведения по математике, необходимые для любителей, обстоятельное руководство для любительских наблюдений Солнца, Луны, планет, метеоров, переменных звезд и т. д., а также обширная астрономическая библиография и подробные справочные таблицы по всем основным вопросам астрономии.

Указатель имен и предметов

А

Адамс, Джон Кауч (1819—1892) — английский астроном; на основании теоретических расчетов, независимо от У. Леверье, установил существование планеты Нептун — 358, 396

Алголь (бета Персея) — звезда с меняющимся блеском, относится к типу затменно-двойных (см.); расположена в созвездии Персея. Блеск ее меняется от 2 до 3,5 звездной величины (см.) —417, **418**[1], 494

Альбицкий, Владимир Александрович (1891—1952) — советский астроном; совместно с Г. А. Шайном определил лучевые скорости (скорости движения вдоль луча зрения) большого числа звезд — 491

Альдебаран — самая яркая звезда в созвездии Тельца, 1-й звездной величины, красновато-желтого цвета— **495**, 523

Алькор — слабая звезда, 4-й звездной величины; видима невооруженным глазом около звезды Мицар (см.) в созвездии Большой Медведицы — 332

Альтаир — самая яркая звезда в созвездии Орла, 1-й звездной величины, белого цвета — 415, 464, 523

Альфа Креста — самая яркая звезда в созвездии Южного Креста, 1-й звездной величины, голубоватого цвета; расположена в южн. полушарии неба; в СССР не видна — 523

Альфа Центавра — система из трех звезд в созвездии Центавра, являющихся наиболее близкими звездами к солнечной системе; расстояние 4,3 светового года (см.) — 368, 415, 464

---

[1] Жирным шрифтом указаны страницы, на которых сообщаются более подробные сведения.

Амбарцумян, Виктор Амазаспович (р. 1908) — советский астрофизик, академик, президент Академии наук Армянской ССР; автор выдающихся трудов, посвященных изучению физической природы и происхождения звезд и межзвездной среды — 430

Андромеда—созвездие сев. полушария неба, видимое в конце лета, осенью, в начале зимы. Расположенная в этом созвездии туманность (доступная невооруженному глазу)— самостоятельная звездная система; по своему строению и многообразию входящих в нее звезд она сходна с нашей Галактикой— 423, 489, 490, 495

Антарес — самая яркая звезда в созвездии Скорпиона, 1-й звездной величины, красного цвета; относится к звездам-сверхгигантам: диаметр ее приблизительно втрое превосходит радиус орбиты Земли, а объем в 30 млн. раз больше объема Солнца — 496, 523

Аристарх Самосский (жил в III в. до н. э.) — выдающийся древнегреческий ученый; впервые определил расстояние от Земли до Луны и до Солнца и высказал идею о движении Земли вокруг Солнца. Его называют «Коперником древнего мира». За свое учение был обвинен в безбожии и изгнан из Афин — 340, 526

Аристотель (384—322 до н. э.) — выдающийся ученый Древней Греции; обосновал шарообразную форму Земли и других небесных тел; в то же время утверждал, что Земля является неподвижным телом — центром Вселенной, вокруг которого обращаются все небесные тела — 339—340, 526

Арктур — самая яркая звезда в созвездии Волопаса, нулевой звездной величины, оранжевого цвета; по размерам — звезда-гигант — 495, 523

Армиллярная сфера — древний астрономический инструмент, с помощью которого уже в III в. до н. э. определяли положение на небе звезд и планет — 511, **520**

Астероиды — см. Малые планеты.

Астрограф — телескоп, предназначенный для фотографирования небесных светил — 403

Астрология — ложное учение, с помощью которого пытались предсказывать судьбу людей и наступление событий по расположению небесных светил — 338

Астролябия — старинный прибор, употреблявшийся до начала XVIII в. для определения широт на поверхности Земли; изобретен Аль-Хорезми в IX в. — 342

Астронавтика (иногда космонавтика) — новая область науки, изучающая на основе данных астрономии, физики, реактивной техники и других наук все вопросы, связанные с осуществлением будущих космических полетов. Создание и запуск первых искусственных спутников Земли и спутника Солнца — первое выдающееся достижение астронавтики —454

Астрономическая единица — единица для измерения больших расстояний, принятая в астрономии; равна среднему расстоянию Земли от Солнца — 149 500 000 *км* — 414

Астрономическая площадка — площадка под открытым небом, оборудованная несложными инструментами для простейших астрономических наблюдений — **505—507**, 519

Астрономическая труба — см. Телескоп.

Астрономические обсерватории —научно-исследовательские учреждения, в которых с помощью телескопов и других астрономических приборов ведутся наблюдения небесных светил и изучаются законы их движения и развития — **327—329**, 360, 364—365, 474

Астрономия — наука, занимающаяся изучением строения и развития небесных тел и их систем; одна из древнейших наук, особенно быстро развивающаяся в течение последних четырех веков на основе великого открытия Коперника — **327—329**

Астроспектроскопия — применение спектрального анализа к изучению химического состава и физической природы небесных тел — 362—364

Астрофизика — раздел астрономии, изучающий физические свойства и химический состав небесных тел и межзвездной среды при помощи главным образом спектрального анализа и фотографии — 486

Астрофотография — фотографическое изучение небесных тел — **361—362**, 403, 482.

Ахернар — самая яркая звезда созвездия Эридана, 1-й звездной величины, белого цвета; в СССР не видна — 523

Б

Бааде, Вальтер (р. 1893) — крупный американский астроном; занимается исследованием строения звездных систем — 490

Белопольский, Аристарх Аполлонович (1854—1934)— выдающийся русский астроном; исследовал законы вращения Солнца, доказал метеоритное строение колец Сатурна, произвел важнейшие исследования спектров звезд и их лучевых скоростей, опытным путем подтвердил правильность принципа Допплера в применении к свету — 363, 394, 474, **486—488**

Белые карлики — звезды, имеющие очень малые размеры и светимость (в сотни и тысячи раз меньшие, чем размеры и светимость Солнца) и вместе с тем высокую температуру; отличаются чрезвычайно большой плотностью вещества (плотнее воды в сотни тысяч и даже в миллионы раз) —416

Белявский, Сергей Иванович (1883—1953) — видный советский астроном; открыл 37 малых планет, в том числе Владилену — 397

Бессель, Фридрих Вильгельм (1784—1846) — выдающийся немецкий астроном; разработал методы точного определения положений звезд, составил обширные звездные каталоги, вслед за В. Я. Струве положил начало точному определению расстояний до звезд — 359, 473

Бетельгейзе — вторая по яркости звезда в созвездии Ориона, 1-й звездной величины, красноватого цвета; относится к звездам-сверхгигантам; по диаметру в 350 раз, по объему в 43 млн. раз больше Солнца — 362, 415, 416, 425, 523

Бинокль — оптический прибор для наблюдения далеких предметов; состоит из двух соединенных вместе зрительных трубок; может быть использован для наблюдения небесных светил — **502—503**

Бируни (972 или 973—1048) — выдающийся среднеазиатский ученый, астроном, географ, историк; впервые на Среднем Востоке высказал мысль о движении Земли вокруг Солнца; определил размеры Земли — **342—343**

Блажко, Сергей Николаевич (1870—1956) — крупный советский астроном, исследователь переменных звезд—483

Близнецы — одно из 12 зодиакальных созвездий. Наиболее яркие звезды — Кастор и Поллукс. Видимо в конце осени, зимой и ранней весной — **495**

Болид — ослепительно яркий метеор; имеет вид светящегося шара с огненным хвостом. После его пролета на небе в течение некоторого времени виден слабо светящийся, туманный след — **406**, 407, 408, 410

Большая Медведица — хорошо известное созвездие сев. полушария неба. Семь наиболее ярких звезд образуют фигуру, напоминающую ковш с ручкой— **332**, **494**

Большой Пес — созвездие, расположенное в южн. полушарии неба. В нем расположена самая яркая по видимому блеску звезда всего неба — Сириус. Видимо зимой — 419, **495**, 496

Брадлей, Джемс (1693—1762) — выдающийся английский астроном, один из основоположников современной звездной астрономии — 414, 467, 473

Бредихин, Федор Александрович (1831—1904) — выдающийся русский астроном; наиболее известен как создатель теории образования кометных хвостов и теории происхождения метеорных потоков — 400, 402, 405, 474, **477—479**, 526

Бруно, Джордано (1548—1600) — великий итальянский мыслитель, атеист; развивая учение Коперника, утверждал бесконечность Вселенной и бесчисленность звезд, солнц и обитаемых планет — **349—351**

В

Вега — самая яркая звезда в созвездии Лиры и одна из самых ярких звезд неба, нулевой звездной величины, белого цвета — 414, 415, 473, 494, 523

Великое противостояние Марса — см. Противостояние Марса.

Венера — вторая от Солнца планета солнечной системы. После Солнца и Луны самое яркое светило на небе. Бывает видима во время вечерних сумерек на западной стороне неба, во время утренних — на восточной. По размерам и массе близка к Земле — 387, **388—390**, 393, **398**, 465, 504

Веста — наиболее яркая из малых планет; бывает видна невооруженным глазом; открыта в 1807 г. немецким астрономом Г. Ольберсом — 397, 522

Весы — см. Зодиакальные созвездия.

Водолей — см. Зодиакальные созвездия.

Возмущения в движении планет — отклонения в движении планет вокруг Солнца под влиянием притяжения других планет — 476

Возничий — созвездие, расположенное в сев. полушарии неба. Самая яркая звезда — Капелла. Видимо почти весь год, за исключением поздней весны — **494**

Волопас — созвездие сев. полушария неба. Самая яркая звезда — Арктур. Видимо в конце зимы, весной и летом — **495**

Время декретное — по декрету Советского правительства в 1930 г. все часы в нашей стране были переведены на 1 час вперед — 448

Время местное — в связи с вращением Земли вокруг своей оси на каждом меридиане Земли свое истинное время — местное — 364, 446—447

Время поясное — весь земной шар разделен на 24 пояса, отстоящих друг от друга на расстоянии 15° долготы; внутри каждого пояса гражданское время условились считать одинаковым — **447—448**, 449

Вселенная — окружающий нас мир, бесконечный в пространстве, во времени и по многообразию форм заполняющего его вещества и его превращений — 367, **413—424**

Г

Газе, Вера Федоровна (1899—1954) — советский астроном; совместно с акад. Г. А. Шайном занималась изучением газово-пылевых туманностей — 492

Галактика — звездная система, к которой принадлежит Солнце вместе с солнечной системой. В Галактике насчитывается приблизительно 150 млрд. звезд. Диаметр этой звездной системы составляет около 85 тыс. световых лет. Все звезды в Галактике движутся вокруг ее центра — **421—423**, 433, 469, 472, 473—474, 476

Галактики (обозначаются с малой буквы) — звездные системы, подобные нашей Галактике — **423**, 424, 433, 489, 490

Галилей, Галилео (1564—1642) — великий итальянский ученый; впервые применил телескоп для наблюдений неба; показал, что Млечный Путь — огромное множество звезд; открыл фазы Венеры, вращение Солнца вокруг своей оси, формы рельефа лунной поверхности, четыре больших спутника Юпитера; сделал выдающиеся открытия в физике и механике — **351—352**, 394, 446, 526

Галлей, Эдмунд (1656—1742) — выдающийся английский астроном, открыл собственное движение звезд в пространстве; установил, что комета, потом названная его именем, относится к солнечной системе и появляется периодически — 358, 398—399, 419, 467, 526

Ганский, Алексей Павлович (1870—1908) — выдающийся русский астроном, исследователь природы Солнца — **479—481**

Гелиотехника — область техники, разрабатывающая способы непосредственного использования солнечной энергии — 380

Гелиоцентрическая система мира — учение, обоснованное Коперником, согласно которому Земля есть одна из планет, обращающихся вокруг Солнца — центра планетной системы. Это учение лежит в основе современной астрономии — **347—348**, 386—398

Геоцентрическая система мира — ошибочное учение, господствовавшее в древности и в средние века и утверждавшее, что Земля неподвижна, а Солнце, Луна, планеты и звезды обращаются вокруг Земли; опровергнуто в результате открытия Коперника, установившего, что Земля — одна из планет солнечной системы — **340—341**, **346**

Геркулес — созвездие, расположенное в сев. полушарии неба; видимо весной и летом — 419, 420, **495**

Гершель, Вильям (1738—1822) — выдающийся английский астроном, открыл и исследовал много туманностей, двойных звезд, планету Уран, обнаружил движение Солнца в пространстве среди звезд; впервые на основе наблюдений пытался выяснить строение нашей звездной системы — Галактики — 420, 421, **467—470**, 526

Гиады — звездное скопление в созвездии Тельца, содержит около 100 звезд. Расположено на небе недалеко от звезды Альдебаран — 418

Гиппарх (II в. до н. э.) — крупнейший древнегреческий астроном; установил разделение звезд по их видимому блеску на звездные величины (см.), определил расстояние до Луны и ее размеры; составил обширный и для своего времени точный звездный каталог — **340**, 526

Гномон — древнейший астрономический прибор; представляет собой вертикальный шест, укрепленный на площадке. По длине отбрасываемой им тени можно судить о высоте Солнца над горизонтом — 443, 505

Год — единица измерения времени, равная промежутку, соответствующему одному полному обороту Земли вокруг Солнца. В году содержится 365 суток 5 часов 48 минут и 46 секунд с долями — 437, **438—442**

Гранулы — газовые образования на солнечной поверхности, имеющие вид зерен. Размеры отдельных гранул измеряются сотнями километров — **375**, 480—481

Д

Давление света — механическое действие света, оказываемое им на частицы, находящиеся на пути его распространения. Давление света на твердые тела и на газы впервые обнаружено и измерено русским физиком П. Н. Лебедевым (см.) в 1899—1909 гг. — **400—401**, 478

Д'Аламбер, Жан Лерон (1717—1783) — известный французский математик и философ; разрабатывал труднейшие вопросы движения небесных тел — 470

Двойные звезды — системы, состоящие из двух звезд, каждая из которых обращается вокруг их общего

центра тяжести. Обычно одна из звезд в паре бывает ярче, и ее называют главной звездой, а другую—ее спутником (напр., Мицар и его спутник Алькор). Системы, состоящие из трех, четырех или больше звезд, называются кратными звездами — 332, **417—418**, 468, 472—473, 498

Дева — см. Зодиакальные созвездия.

Дельта Цефея — переменная звезда в созвездии Цефея, блеск которой меняется со строгой периодичностью. Период изменения блеска равен 5 суткам 8 часам и 47 минутам. Все переменные звезды такого типа стали называть по имени этой звезды цефеидами (см.) — 416

Денеб — самая яркая звезда в созвездии Лебедя, 1-й звездной величины, белого цвета — 415, 494, 523

Диффузные туманности — обширные облака рассеянного (газового или состоящего из твердых частиц—пылинок) вещества, расположенные в межзвездном пространстве. Многие ученые полагают, что звезды и планеты возникли из диффузных туманностей в результате их уплотнения — **420**

Дракон — созвездие сев. полушария неба; видимо круглый год — **494**

Е

Единорог — экваториальное созвездие; видимо поздней осенью и зимой — 421

Ж

Жансен, Пьер (1824—1907) — французский астроном, один из пионеров применения спектрального анализа в астрономии — 480, 487, 526

З

Закон всемирного тяготения — закон, устанавливающий, что любые два тела взаимно притягиваются друг к другу и сила их притяжения прямо пропорциональна массам притягивающихся тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними; открыт великим английским ученым И. Ньютоном (см.) в 1687 г. — 355, **356—359**

Законы движения планет Кеплера — три закона, открытых Кеплером, которым подчиняются движения тел солнечной системы — **353—354**

Затменно-двойные звезды — очень тесные двойные звезды. При обращении вокруг общего центра тяжести обе звезды попеременно закрывают друг друга, так что общий блеск системы во время этих затмений ослабевает. Алголь, или бета Персея,— первая из обнаруженных звезд такого типа — 417

Звездная величина — принятая в астрономии единица измерения видимого блеска звезд и других небесных тел. Чем слабее светится звезда, тем больше число, обозначающее ее звездную величину. Самые яркие звезды назвали звездами 1-й величины. Самые слабые звезды, видимые невооруженным глазом, относятся к звездам 6-й звездной величины. К действительным размерам звезд звездная величина не имеет никакого отношения — **330—331**

Звездные карты — карты с изображением звездного неба — 413, 496—497 (карта)

Звездные каталоги — списки звезд, объединенных по какому-нибудь признаку, например самые яркие или самые близкие, или звезды, которые видны в определенной части неба; содержат данные о положении звезд на небе, об их блеске и другие сведения — 339, 340, 344, 413

Звездные скопления — группы звезд, разделенных между собой меньшим расстоянием, чем обычные межзвездные расстояния. Звезды в такой группе связаны общим движением в пространстве и имеют общее происхождение —416, **418**, 419, 498

Звездный дождь — см. Метеорный поток.

Звезды — гигантские раскаленные, самосветящиеся газовые шары. Солнце — одна из звезд, притом средняя по своим размерам и светимости. По своим характеристикам звезды многообразны. Различаются звезды гиганты и карлики, одиночные, двойные и кратные, затменно-двойные, переменные звезды и новые—**329—336**, 362—363, 367—368, **413—424**, 523

Земля — планета, на которой мы живем. Среднее расстояние Земли от Солнца принято в астрономии в качестве единицы для измерения больших расстояний (см. Астрономическая единица) — **390**, 393, **428—429**, 521

Зенит — точка пересечения отвесной линии с воображаемой небесной сферой над головой наблюдателя — 333

Змееносец — экваториальное созвездие; видимо весной и летом в южн. районах СССР — 493

Зодиакальные созвездия — 12 созвездий: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы, — расположенных вдоль пути годичного перемещения Солнца по небу среди звезд. В каждом из созвездий Солнце бывает приблизительно в течение месяца — **336**, 498; 496—497 (карта)

И

Искусственные спутники Земли — искусственные небесные тела, научные лаборатории, оснащенные автоматическими приборами для исследования верхних слоев атмосферы и изучения некоторых явлений во внеземном пространстве —451, **454—456**, 526

К

Календарь — система счета времени. В основе его лежат единицы измерения времени, данные нам самой природой: год и сутки — 337—338, 370, **436—442**

Канопус — самая яркая звезда в созвездии Киля; относится к сверхгигантским звездам: по светимости она ярче Солнца в несколько тысяч раз; в наших широтах не видна — 523

Кант, Иммануил (1724—1804) — немецкий ученый и философ; утверждал бесконечность звездной Вселенной; в 1755 г. впервые выдвинул научную гипотезу происхождения небесных тел — **425**, 471

Капелла — самая яркая звезда в созвездии Возничего, нулевой звездной величины, желтого цвета — 415, 494, 523

Кассиопея — хорошо знакомое всем созвездие сев. полушария неба; в сев. районах и средней полосе Советского Союза является незаходящим созвездием, в крайних южн. районах хорошо видимо летом и осенью — **494**

Кастор — вторая по яркости звезда в созвездии Близнецов, 2-й звездной величины — 495

Кеплер, Иоганн (1571—1630) — великий немецкий астроном; установил три основных закона, по которым совершаются движения планет вокруг Солнца— **352—354**, 526

Кёртис, Хебер (1872—1942) — крупный американский астроном. Утверждал, что многие туманности являются далекими звездными системами, подобными нашей Галактике. Это мнение было подтверждено в 1924 г. открытием Хаббла — 489

Кит — созвездие южн. полушария неба; видимо осенью и в начале зимы — 417

Клепсидра — водяные часы, употреблявшиеся в древности. В Европе ими пользовались до XVIII в.— **443**, 444, 445

Клеро, Алексис Клод (1713—1765) — выдающийся французский математик; изучал движения тел солнечной системы — 470

Ковальский, Мариан Альбертович (1821—1884) — крупный русский астроном. Наиболее важные его работы посвящены изучению движения звезд, Галактике — **475 —477**

Козерог — см. Зодиакальные созвездия.

Кометы — небесные тела, входящие в состав солнечной системы; имеют вид туманных пятнышек с ярким сгустком в центре — ядром. У ярких комет при приближении к Солнцу появляется хвост в виде светящейся полосы — **398—404**, 477—478; 392—393 (цв. рис.)

Коперник, Николай (1473—1543) — великий польский ученый; один из величайших деятелей эпохи Возрождения. Опроверг ложную геоцентрическую систему мира Аристотеля—Птолемея, открыл действительное устройство солнечной системы, в которой Земля — только рядовая планета — 328, **345—348**, 414, 526

Корма — созвездие, расположенное в южн. полушарии неба; в СССР видима лишь сев. часть его в зимнее время — 421

Коронограф — телескоп с фотографической камерой, с помощью которой фотографируют солнечную корону — 385

Космогония — раздел астрономии, посвященный выяснению происхождения и развития звезд и звездных систем, Земли и других планет — 424—430

Кулик, Леонид Алексеевич (1883—1942) — советский ученый; занимался изучением метеоритов, в особенности изучением обстоятельств падения Тунгусского метеорита — 410

Кульминация светила — явление прохождения светила через небесный меридиан (см.) —**333**

Л

Ламберт, Иоганн Генрих (1728—1777) — немецкий ученый и философ; утверждал, что наша звездная система — одна из бесчисленных звездных систем в бесконечной Вселенной — 467, 473

Лаплас, Пьер Симон (1749—1827) — выдающийся французский математик и астроном. Основные труды Лапласа посвящены разработке теории движения тел солнечной системы на основе закона всемирного тяготения. Разработал гипотезу образования Солнца и планет — 425, **470—472**

Лебедев, Петр Николаевич (1866—1912) — выдающийся русский физик. Для астрономии очень важно доказательство Лебедевым на основании точнейших опытов существования давления света (см.) — 400—401, 478, **480**

Лебедь — созвездие сев. полушария неба. Самая яркая звезда — Денеб. Видимо с весны до зимы. 61 Лебедя — двойная звезда, 5-й звездной величины; одна из звезд, до которых впервые были определены расстояния; более яркая из этой двойной звезды имеет невидимого спутника, масса которого в 40 раз меньше массы Солнца — 419, 421, 433, 464, **494**

Лев — см. Зодиакальные созвездия.

Леверье, Урбен (1811—1877) — выдающийся французский астроном. На основании его вычислений была в 1846 г. открыта планета Нептун — 358, 396, 526

Лексель, Андрей Иванович (1740—1784) — русский астроном. Исследовал движение кометы, получившей впоследствии его имя. Доказал, что открытое В. Гершелем новое небесное тело является на самом деле планетой, названной Ураном — **358**, 400, 468

Ливитт, Генриэтта (1868—1921) — американский астроном; установила зависимость между периодом изменения блеска переменных звезд — цефеид — и их светимостью; это открытие имеет выдающееся значение для определения расстояний до далеких звездных систем — 489—490, 526

Лира —созвездие в сев. полушарии неба. Самая яркая звезда — Вега — 419, 420, **494**

Ломоносов, Михаил Васильевич (1711—1765)— гениальный русский ученый-энциклопедист; был выдающимся астрономом своей эпохи. Он открыл существование атмосферы у Венеры, создал новый тип телескопа, разработал ряд приборов и методов для нужд практической астрономии; много сделал для изучения нашей страны в астрономо-географическом отношении — 378, 389, **465—467**, 526

Луна — спутник Земли. Радиус ее немногим более $^1/_4$ земного; объем в 50 раз меньше объема Земли. Луна всегда обращена к нам одной и той же стороной. Луна лишена атмосферы — **369—373**, 434, 437, 497, 504, **521**, 523; 374—375 (карта)

Лундмарк, Кнут (1889—1958) — крупный шведский астроном; в 1920 г. определил расстояние до туманности в Андромеде и установил, что она находится далеко за пределами нашей Галактики — 489

Лунное затмение — небесное явление, вызываемое тем, что Луна, обращаясь вокруг Земли, попадает в тень, отбрасываемую Землей, и становится невидимой — 371, **386**, **525**

М

Магеллановы Облака (Большое и Малое) — ближайшие к нашей Галактике звездные системы; имеют неправильную форму; расположены в южн. полушарии неба и в СССР не видны; изобилуют гигантскими и сверхгигантскими звездами, в частности в Магеллановых Облаках обнаружены звезды (напр., звезда S Золотой Рыбы), излучающие в миллион раз больше света, чем Солнце — 490

Максутов, Дмитрий Дмитриевич (р. 1896) — советский оптик; создал телескоп нового типа, называемый менисковым и обладающий исключительно высокими оптическими качествами — 361, 503, 526

Малая Медведица — созвездие сев. полушария неба, в котором находится Полярная звезда, расположенная вблизи сев. полюса мира; всегда видимо в нашей стране — **494**

Малые планеты, или астероиды, — небольшие тела, входящие в состав солнечной системы; имеют размеры от 800 до 1—2 *км* и менее в поперечнике; движутся вокруг Солнца по тем же законам, по которым обращаются и планеты. Большинство малых планет движется вокруг Солнца в пространстве между орбитами Марса и Юпитера. Некоторые из них (напр., Икар, Гермес) имеют крайне вытянутые орбиты и иногда оказываются ближе к Солнцу, чем Земля и даже Меркурий — **396—397**, 522

Малый Пес — экваториальное созвездие; видимо осенью, зимой и ранней весной. Самая яркая звезда — Процион — **495**

Марс — четвертая от Солнца планета солнечной системы; полный оборот вокруг Солнца совершает за один год и 11 месяцев — **390—392**, 396, 398

Межзвездная среда — разреженное вещество, заполняющее пространство между звездами; состоит из газа и небольших твердых частиц (пыли), по большей части собранных в туманности (см.). В межзвездную среду входят те же химические элементы, из которых состоят Солнце и звезды — 422, 474

Мениск — выпукло-вогнутая линза; используется в оптической системе менискового телескопа Максутова — 361

Менисковый телескоп — зеркально-линзовый телескоп. Оптическая система его состоит из сферического вогнутого зеркала и мениска; разработан Д. Д. Максутовым — 361, 362, **503**, 519, 526

Меридиан небесный — воображаемая линия на небесной сфере, проходящая через полюсы мира и зенит места наблюдения. Меридиан пересекает линию горизонта в точках севера и юга — 333

Меркурий — ближайшая к Солнцу планета солнечной системы. Обращен к Солнцу всегда одной и той же стороной — **387—388**, 398

Мерцание звезд — небольшие быстрые колебания блеска звезд, вызванные колебаниями слоев воздуха в атмосфере Земли — 416, 498

Метагалактика — грандиозная совокупность звездных систем (галактик) и скоплений галактик. Все усматриваемые в самые мощные телескопы звездные системы составляют только часть Метагалактики, границы которой пока остаются недоступными. Но и Метагалактика, вероятно, только ничтожная часть бесконечной Вселенной — 367, **423**, 490

Метеоритные кратеры — большие углубления в земной поверхности, образовавшиеся от падения гигантских метеоритов (см. «Ущелье Дьявола») — 409

Метеоритный дождь — выпадение на небольшой площади земной поверхности сразу большого числа отдельных метеоритов, образовавшихся в результате разрыва в воздухе одного крупного метеорита — 409

Метеориты — камни или куски железа, упавшие на Землю из межпланетного пространства. Метеориты состоят из тех же химических элементов, из которых состоит Земля — **406—413**

Метеорный поток — периодическое появление на небе большого числа метеоров. Это объясняется встречей Земли с метеорным потоком. При некоторых обстоятельствах Земля, пересекая орбиту метеорного роя, попадает в наиболее плотную его часть, и тогда наблюдается «звездный дождь» — 404, **405—406**, 478; 408—409 (цв. рис.)

Метеоры — небесные явления, получившие в народе название «падающие звезды». Их появление связано с тем, что в атмосферу Земли из межпланетного пространства влетают мельчайшие твердые частицы, сгорающие в атмосфере. Очень яркие метеоры называются болидами (см.). Наблюдения метеоров имеют большое значение для изучения физического состояния верхних слоев атмосферы — **404—406**, 410, 434

Михайлов, Александр Александрович (р. 1888) — выдающийся советский астроном, с 1947 г. — директор Пулковской обсерватории — 384

Мицар — средняя звезда в ручке ковша созвездия Большой Медведицы; вместе с Алькором (см.) образует двойную звезду — 332

Млечный Путь — широкая светящаяся полоса, хорошо видимая на небе в темные осенние или зимние ночи; состоит из огромного множества звезд; все они входят в нашу звездную систему — Галактику (см.), одной из звезд которой является Солнце. Млечный Путь — это наиболее плотная часть Галактики — **421**, 488

Н

Насирэддин Туси (1201—1274) — выдающийся азербайджанский астроном и математик; основал обсерваторию в г. Мараге; составил очень важный для своего времени каталог звезд — 343

Небесная механика — раздел астрономии, посвященный изучению движения небесных тел, и в первую очередь тел, составляющих нашу солнечную систему, на основе закона всемирного тяготения — 358, **396**, 451

Небесный меридиан — см. Меридиан небесный.

Небесный экватор — см. Экватор небесный.

Нептун — восьмая от Солнца планета солнечной системы; открыта в 1846 г. немецким астрономом Галле на основании вычислений Леверье — 359, **396**, 398, 476

Неуймин, Григорий Николаевич (1886—1946) — советский астроном; в 1944—1946 гг. — директор

Пулковской обсерватории; открыл много малых планет и 6 комет — 397, 403

Николай Кузанский (1401—1464) — выдающийся философ и ученый эпохи Возрождения, высказывавший мнение о движении Земли и о том, что она не является центром Вселенной. Кузанский был одним из предшественников Коперника — 346

Новолуние — см. Фазы Луны.

Новые звезды — звезды, излучение которых внезапно увеличивается в тысячи раз, а затем медленно уменьшается. Иногда в нашей и в других галактиках наблюдаются вспышки «сверхновых» звезд. При таких вспышках звезды излучают свет в миллионы и в сотни миллионов раз интенсивнее, чем Солнце. Причины таких вспышек наукой полностью еще не выяснены — 417

Ньютон, Исаак (1643—1727) — гениальный английский физик, механик, астроном и математик; открыл закон всемирного тяготения, впервые объяснил причину явлений приливов и отливов — **354—356**, 357, 358, 398, 526

О

Обсерватории астрономические — см. Астрономические обсерватории.

Объектив — оптическая система, состоящая из одной или нескольких линз, с помощью которой можно получить увеличенное изображение предмета. Используется в телескопах-рефракторах — 359, 499

Овен — см. Зодиакальные созвездия.

Окуляр — часть телескопа; служит для рассматривания изображения, образуемого объективом; состоит обычно из нескольких линз — 359, 499

Оорт, Ян Хендрик (р. 1900) — выдающийся современный голландский астроном; в 1927 г. окончательно доказал вращение нашей звездной системы — Галактики вокруг ее центрального звездного сгущения (ядра Галактики) — 476, 526

Орбита — путь, по которому движется в пространстве небесное тело — 348, 353

Орел — экваториальное созвездие; видимо летом и осенью. Самая яркая звезда — Альтаир — 421

Орион — экваториальное созвездие; видимо осенью и зимой. Самые яркие звезды — Бетельгейзе и Ригель — 421, **495**

Орлов, Сергей Владимирович (1880—1958) — выдающийся советский исследователь физической природы комет, их происхождения и связи с малыми планетами и метеорами — 412, 479

Ось мира—воображаемая прямая линия, вокруг которой происходит видимое суточное вращение неба. Она параллельна оси вращения Земли — 332

П

Падающие звезды — см. Метеоры.

Палласово железо — метеорит, найденный в Сибири кузнецом Медведевым и привезенный в 1772 г. в Петербург по распоряжению русского путешественника и естествоиспытателя Палласа —407, 408

Параллакс звездный, или годичный,— угол, под которым с той или иной звезды был бы виден радиус земной орбиты (149 500 000 *км*). Эта величина является мерой расстояния до звезд (см. Парсек) — 414

Параллакс солнечный — угол, под которым с Солнца был бы виден полудиаметр земного шара (6370 *км*). Эта величина определяет расстояние от Земли до Солнца — 414

Парсек — единица расстояния, принятая в астрономии. Один парсек — это расстояние, с которого радиус земной орбиты (149 500 000 *км*) усматривается под углом в одну секунду дуги (1″,0). Парсек равен 3,26 светового года (см.), или примерно тридцати одному триллиону километров — 414

Пегас — созвездие, расположенное в сев. полушарии неба; видимо в конце лета, осенью и ранней зимой— **495**

Пепельный свет — слабое свечение не освещенной непосредственно Солнцем части лунного диска; объясняется освещением Луны солнечным светом, отраженным от поверхности Земли — 370

Переменные звезды — звезды, блеск которых со временем меняется. В зависимости от характера этого изменения и причин, его вызывающих, они подразделяются на различные типы (см. Цефеиды, Затменно-двойные звезды, Новые звезды) — **416—417**, 487, 498

Персей — созвездие, расположенное в сев. полушарии неба; видимо почти весь год, кроме поздней весны. В него входит переменная звезда Алголь (см.)— **494**

Пиацци, Джузеппе (1746—1826) — итальянский астроном; открыл первую малую планету — Цереру— 396, 526

Пикар, Жан (1620—1682) — французский астроном; измерил дугу земного меридиана между Парижем и Амьеном, что позволило более точно определить размеры Земли — 357

Пикеринг, Эдуард (1846—1919) — американский астроном; занимался исследованием переменных звезд. Ему принадлежит также принятая всеми астрономами классификация спектров звезд — 489

Планетарий — проекционный аппарат, с помощью которого воспроизводят картины звездного неба и движения небесных тел. Планетариями называются также научно-просветительные учреждения, в которых устанавливаются аппараты «планетарии» и ведется работа по распространению астрономических знаний среди населения— **514—520**; 512—513 (цв. рис.)

Планетарные туманности — туманности круглой формы, видимые в телескоп в виде маленьких дисков, напоминающих диск планеты; иногда имеют вид кольца с яркой звездой в центре; состоят из очень разреженного газа. Внутри такой газовой туманности всегда есть горячая звезда — 420

Планетная система — см. Солнечная система.

Планеты — небесные тела, входящие в состав солнечной системы и, несомненно, имеющиеся и в системах других звезд; имеют шарообразную форму; светят отраженным от их поверхности солнечным светом — **386—398**, 461—463

Плеяды — звездное скопление; относится к типу рассеянных скоплений; расположено в созвездии Тельца — 418, 420, 498

Плутон — девятая по расстоянию от Солнца, самая

далекая планета солнечной системы. Открыт в 1930 г. астрономом Томбоу (США) — **396**, 398

Поглощение света — ослабление видимого блеска далеких звезд, производимое облаками темной пылевой материи, заполняющими значительные области межзвездного пространства — 474

Поллукс — самая яркая звезда в созвездии Близнецов, 1-й звездной величины, желтого цвета — 495, 523

Полнолуние — см. Фазы Луны.

Полюс мира — пересечение воображаемой оси мира с воображаемой небесной сферой. Сев. полюс находится в созвездии Малой Медведицы, вблизи Полярной звезды, южн. полюс — в созвездии Октанта— 331, **333**

Полярная звезда — самая яркая звезда в созвездии Малой Медведицы. Названа Полярной, так как расположена вблизи сев. полюса мира. Блеск ее равен 2-й звездной величине — 331, 332, **494**, 508, 510

Полярные сияния — электрическое свечение неба ночью, происходящее чаще всего в полярных областях Земли — 378—379

Приливы и отливы — периодическое наступание и отступание воды у берегов океанов. Вызываются действием притяжения Луны и Солнца на Землю— **372—373**

Противостояние Марса — положение Марса на орбите, когда он и Земля находятся по одну сторону от Солнца и приблизительно на одной прямой линии. Если противостояние случится в тот момент, когда это расстояние наименьшее (55,5 млн. *км*), то такое противостояние называют великим. Оно создает наиболее благоприятные условия для наблюдения Марса. Великие противостояния повторяются через каждые 15—17 лет — **390**, 391

Протуберанцы — громадные выступы причудливой и иногда быстро изменяющейся формы в солнечной атмосфере; состоят из раскаленных газов — **377**, 481; 384—385 (цв. табл.)

Процион — самая яркая звезда в созвездии Малого Пса. Звезда эта двойная, имеет спутник, являющийся белым карликом — 415, 464, 495, 523

Птолемей, Клавдий (II в.) — один из крупнейших астрономов древности; разработал геоцентрическую систему мира, господствовавшую в науке вплоть до великого открытия Коперника, опубликованного в 1543 г. — **340—341**, 526

Р

Радиант — точка на небесной сфере, откуда (как представляется для наблюдателя с Земли) вылетают метеоры при встрече Земли с метеорным потоком— **405**

Радиоастрономия — новая область астрономии, исследующая радиолучи, приходящие на Землю из отдаленнейших глубин мирового пространства, открывает новые возможности для изучения небесных тел — источников этого излучения. Изучение космического радиоизлучения проводится при помощи радиотелескопов — **430—434**

Рак — см. Зодиакальные созвездия.

Регул — самая яркая звезда в созвездии Льва, 1-й звездной величины, белого цвета — 496, 523

Рефлектор — телескоп, в котором изображения небесных светил получаются с помощью отражения от вогнутого зеркала — 355, **360—361**, 468

Рефрактор — телескоп, в котором изображения небесных светил получают с помощью линзового объектива, создающего изображение, которое может быть рассмотрено глазом в окуляр или сфотографировано. В последнем случае рефрактор называют астрографом — **360—361**

Ригель — самая яркая звезда в созвездии Ориона, нулевой звездной величины, белого цвета; по светимости сверхгигант: ее светимость в 23 000 раз превосходит светимость Солнца — 415, 495, 523

Рыбы — см. Зодиакальные созвездия.

С

Сатурн — шестая по расстоянию от Солнца планета солнечной системы; имеет девять спутников, наибольший из них — Титан — **394—396**, 487; 392—393 (цв. рис.)

Светимость звезд — величина, принятая в астрономии для выражения мощности излучения звезды в сравнении с излучением Солнца. По своей светимости звезды разделяются на гиганты и карлики. Гиганты излучают свет в сотни и даже тысячи раз сильнее Солнца. Есть звезды-сверхгиганты, излучающие свет в десятки и сотни тысяч раз больше, чем Солнце. Звезды-карлики излучают свет, как Солнце, или во много раз слабее его — **415**

Световое давление — см. Давление света.

Световой год — единица расстояния в астрономии; обозначает расстояние, которое свет, распространяясь со скоростью 300 000 *км/сек*, проходит за один год. Световой год равен 63 290 астрономическим единицам, или девяти с половиной триллионам километров — 414

Северная Корона — созвездие, расположенное в сев. полушарии неба. Самая яркая звезда — Гемма. Видимо всегда — **495**

Секки, Анджело (1818—1878) — итальянский астроном; одним из первых изучал спектры звезд, Солнца и планет — 487

Сириус — самая яркая звезда созвездия Большого Пса и всего неба; имеет спутник, являющийся белым карликом — 359, 420, 438, 464, 495, 523

Система мира Коперника — см. Гелиоцентрическая система мира.

Сихотэ-Алинский метеорит — метеорит, упавший 12 февраля 1947 г. в районе горного хребта Сихотэ-Алинь на Дальнем Востоке — **410—411**; 408—409 (цв. рис.)

Скорпион — см. Зодиакальные созвездия.

Служба времени — работы, связанные с определением точного времени из астрономических наблюдений, хранением времени, с помощью точных астрономических часов и сообщением времени посредством радиосигналов — 364, **450—451**

Служба Солнца — работы, связанные с систематическими наблюдениями за состоянием поверхности Солнца; выполняются с помощью специальных солнечных телескопов. В Советском Союзе Служба Солнца ведется на нескольких астрономических обсерваториях и специальных станциях — 379, **451**

Снеллиус, Виллеброрд (1580—1626)—голландский математик и астроном; создал способы измерения дуги меридиана, применяемые и теперь — 357

Созвездия — участки, на которые разделяют звездное небо согласно фигурам, образуемым яркими звездами. Всего насчитывается 88 созвездий; ими пользуются для ориентировки на звездном небе. Принадлежность звезд к одному созвездию — это их «видимая», или «перспективная», близость. На самом деле звезды, причисляемые к одному созвездию, находятся на самых различных расстояниях от нас — **332**, **493—496**, 509, 510; 496—497 (карта)

Солнечная корона — самая внешняя часть атмосферы Солнца. Во время полных солнечных затмений корона наблюдается в виде серебристо-жемчужного сияния, окружающего закрытый Луной диск Солнца — **377—378**, 385, 432, 479—480; 384—385 (цв. табл.)

Солнечная постоянная — количество солнечной энергии, падающей на 1 *см*² поверхности на границе земной атмосферы — **480**

Солнечная система, или планетная система, — совокупность небесных тел — планет, астероидов, комет и т. д., — обращающихся вокруг Солнца под действием силы его тяготения — 356—358, **386—387**, **398**, 422, 425, 426, 427—428, 471

Солнечное затмение — небесное явление, обусловленное тем, что Луна, обращаясь вокруг Земли, проходит между нею и Солнцем и закрывает собой солнечный диск. Затмения бывают полные, кольцеобразные и частные — 371, **380—386**, **524**

Солнечные пятна — представляют собой воронкообразные вихревые движения более холодных газов на поверхности Солнца. Число пятен в году меняется. Наименьшее число пятен случается приблизительно через каждые 11 лет — **375—376**, 504

Солнечные устройства — сооружения, использующие непосредственно солнечную энергию для нужд народного хозяйства — 379—380

Солнечные часы — см. Часы.

Солнце — ближайшая к нам звезда, центральное тело нашей солнечной системы; отстоит от Земли на расстоянии 149,5 млн. *км* — 363, **373—380**, 395, 415, 422, 432, 486, 522

Спектральный анализ — метод в астрофизике, позволяющий изучать химический состав светил с помощью исследования их спектров (см. Спектры небесных светил) — **362—364**, 486—487

Спектрограф — спектральный прибор, соединенный с фотографической камерой, с помощью которого можно получать снимки спектров — 487

Спектры небесных светил — лучи света небесных тел, разложенные с помощью призмы на составные цвета. Изучение спектров дает возможность установить не только химический состав далеких небесных тел (звезд, туманностей, планет и т. д.), но и состояние вещества в них, а поэтому является одним из важнейших методов астрономии — **362—363**, 384—385 (цв. табл.)

Спика — самая яркая звезда в созвездии Девы, 1-й звездной величины, голубоватого цвета — 496, 523

Спутники планет — небесные тела, обращающиеся вокруг планет под действием силы их тяготения; светят отраженным от их поверхности солнечным светом. Спутником Земли является Луна — 392, 393, 394, 396, **523**

Стрелец — см. Зодиакальные созвездия.

Струве, Василий Яковлевич (1793—1864) — выдающийся русский астроном, основатель и первый директор Пулковской обсерватории; исследовал строение Млечного Пути и заложил основы современных представлений о строении нашей звездной системы—Галактики — 328, 414, 421, **472—475**, 526

Струве, Отто (р. 1897) — американский астроном, правнук В. Я. Струве, крупный ученый в области изучения звездных спектров; совместно с советским астрономом Г. А. Шайном открыл вращение звезд— 491, 526

Сутки — единица измерения времени, равная периоду вращения Земли вокруг своей оси — 436, 442, 443

Суточное вращение неба — кажущееся вращение неба вокруг полюса мира. В действительности вращается Земля вокруг своей оси, а наблюдателю на Земле кажется, что перемещаются звезды на небе —331, 333, 334

Т

Телескоп — инструмент с оптическим устройством для наблюдений небесных светил — **359—361**, 499—501, 503—504

Телец — см. Зодиакальные созвездия.

Тихо Браге (1546—1601) — выдающийся датский астроном-наблюдатель. В своих исследованиях достиг наибольшей точности, которую можно было получить без телескопов. Его наблюдения были использованы Кеплером для установления законов движения планет — 353, 398, 510

Тихов, Гавриил Адрианович (р. 1875) — советский астроном; известен своими исследованиями планеты Марс и цвета небесных светил — 392

Туманности — огромные скопления газового или твердого (пылевого) вещества, расположенные в межзвездном пространстве в нашей и других галактиках. Далекие галактики, ранее ошибочно принимавшиеся за туманности, и сейчас еще называются внегалактическими туманностями (в этом случае название «туманность» надо понимать условно) — **420—421**, 468—469, 488—490, 492

Тунгусский метеорит — гигантский метеорит, упавший 30 июня 1908 г. в сибирской тайге, в районе р. Подкаменной Тунгуски — 410

У

Улуг-бек, Мухаммед (1394—1449) — выдающийся узбекский астроном и математик; построил в Самарканде замечательную обсерваторию; совместно с другими выдающимися астрономами того времени составил звездный каталог и таблицы движения планет, наиболее точные для своей эпохи — **343—344**

Уран — седьмая по расстоянию от Солнца планета солнечной системы. Открыт в 1781 г. В. Гершелем; имеет пять спутников — 358, **396**, 468

Ущелье Дьявола — гигантский метеоритный кратер в Аризоне (США). Поперечник его больше километра, а глубина 170 *м* — 409

Ф

Фазы Луны — различные формы видимой части Луны. Различают четыре основные фазы: новолуние — Луна не видима; первая четверть — видна половина лунного диска; полнолуние — диск Луны освещен полностью; последняя четверть — видна опять половина диска Луны — **369—370**, 508

Факелы — более яркие, чем окружающая фотосфера, участки на Солнце — 376

Фесенков, Василий Григорьевич (р. 1889) — крупнейший советский астроном, автор важных исследований по разным вопросам астрофизики; выдвинул гипотезу происхождения звезд путем сгущения газово-пылевых туманностей, а также гипотезу происхождения солнечной системы — 412, 428, 429, 430

Фомальгаут — самая яркая звезда в созвездии Южн. Рыба, 1-й звездной величины, белого цвета — 523

Фотометр — прибор, с помощью которого можно определять блеск небесных светил — 482

Фотометрия — раздел астрофизики, занимающийся исследованием и определением блеска небесных светил — 482

Фотосфера Солнца — видимая поверхность Солнца — **375—376**

Х

Хаббл, Эдвин (1889—1953) — выдающийся американский астроном; впервые в 1924 г. установил, что далекие туманности, в частности туманность в Андромеде, являются звездными системами, равноправными с нашей Галактикой. Тем самым было доказано, что наша звездная система —не единственная во Вселенной — 423, **488—490**, 526

Хёггинс, Вильям (1824—1910) — выдающийся английский астрофизик; один из первых изучал спектры звезд — 487

Хладни, Эрнст Флоренс Фридрих (1756—1827) — немецкий ученый; впервые показал, что метеориты имеют внеземное (космическое) происхождение — 407

Хромосфера — нижние слои атмосферы Солнца, непосредственно примыкающие к фотосфере (см.); простирается до высоты 15 000 *км* над фотосферой— **376**, 432

Хронометр — точные переносные часы — 446, **447**

Ц

Центавр — созвездие, расположенное в южн. полушарии неба. Самая яркая звезда его — альфа Центавра, наиболее близкая к солнечной системе. В СССР не видимо — 334, 367, 368, 415, **523**

Цераская, Лидия Петровна (1855—1931) — первая женщина-астроном в России; работая на Московской обсерватории, открыла 219 переменных звезд — 483

Цераский, Витольд Карлович (1849—1925) — крупнейший русский астроном, проф. Московского университета. Выдающийся исследователь в области фотометрии звезд — **481—483**

Церера — первая по времени открытия и самая крупная из малых планет; открыта итальянским астрономом Пиацци в 1801 г. — 397, 522

Цефеиды — разновидность переменных звезд. Все цефеиды являются звездами — гигантами и сверхгигантами. Изменение блеска у них происходит строго периодически. Открытие зависимости между периодом изменения блеска у цефеид и их светимостью имело выдающееся значение. Оно дало возможность определить расстояния до очень далеких звездных систем, если в них имеются цефеиды — **416—417**, 487, 489, 490

Цефей — созвездие, расположенное вблизи сев. полюса мира, а поэтому видимое у нас круглый год. В нем находится переменная звезда дельта Цефея— 421, 494

Циолковский, Константин Эдуардович (1857—1935)— выдающийся русский ученый, сделавший ряд крупных открытий в области ракетной техники и теории межпланетных сообщений — **452—454**

Ч

Часы — прибор для хранения и измерения времени. Часы бывают солнечные, маятниковые, механические и др. (см. Хронометр, Клепсидра) — **442—447**, 450, 506—507, 508, 509

Ш

Шайн, Григорий Абрамович (1892—1956) — выдающийся советский астроном, один из крупнейших астрофизиков нашей эпохи. Его основные труды посвящены изучению спектров звезд и структуры диффузных туманностей. Установил совместно с американским астрономом О. Струве вращательное движение звезд — 421, **491—492**, 526

Шаровые скопления — см. Звездные скопления.

Шмидт, Отто Юльевич (1891—1956) — известный советский математик и полярный исследователь; разработал гипотезу образования Земли и планет из холодных пылинок и газов, окружавших в свое время Солнце — **427—428**, 429

Штернберг, Павел Карлович (1865—1920) — астроном и революционный деятель; работал во многих областях астрономии, активный участник Великой Октябрьской социалистической революции и гражданской войны — **483—485**

Э

Эйлер, Леонард (1707—1783) — великий математик, член Петербургской академии наук. Многие его труды посвящены исследованию движения тел солнечной системы — 470

Экватор небесный — воображаемая линия на небесной сфере, образованная пересечением с небесной сферой плоскости, перпендикулярной к оси мира — 334

Эклиптика — видимый путь Солнца на небе среди звезд. Эклиптика и небесный экватор пересекаются в двух точках — **336**

Ю

Южный Крест — наиболее известное созвездие южн. полушария неба; в СССР не видимо — 334, 421, 517

Юпитер — пятая по расстоянию от Солнца планета солнечной системы; имеет обширную атмосферу, состоящую (как и атмосферы Сатурна, Урана и Нептуна) из ядовитых газов — аммиака и метана. У Юпитера 12 спутников, из них четыре были открыты Галилеем в 1610 г.— **392—394**, 398, 431, 504, 523

Условные обозначения и сокращения

акад. — академик
в., вв. — век, века
в. д. — восточной долготы
влк. — вулкан
в т. ч. — в том числе (в указателе)
г. — год, город
г — грамм массы
Г — грамм силы (вес)
гг. — годы, города
гос-во — государство
г/см^3 — грамм в кубическом сантиметре
до н. э. — до нашей эры
др. — другие
ж. д. — железная дорога
ж.-д. — железнодорожный
з. д. — западной долготы
квт-ч — киловатт-час
кг — килограмм массы
кГ — килограмм силы (вес)
км — километр
км^2 — квадратный километр
км^3 — кубический километр
км/сек — километр в секунду
км/час — километр в час
Л. — Ленинград (в библиографическом указателе)
л — литр
М. — Москва (в библиографическом указателе)
м — метр
м^2 — квадратный метр
м^3 — кубический метр
мб — миллибар
мг — миллиграмм массы
мГ — миллиграмм силы (вес)
млн. — миллион
млрд. — миллиард
мм — миллиметр
мм^2 — квадратный миллиметр
мм^3 — кубический миллиметр
н. э. — нашей эры
о-в — остров
о-ва — острова
оз. — озеро
парсек — параллакс-секунда
п-ов — полуостров
пр. — прочее
проф. — профессор
р. — река; родился (в указателе)
рр. — реки
рис. — рисунок
с. — севера, северу (в справочных таблицах)
с.-в. — северо-восток, северо-восточный (в указателе)
сев. — северный
с.-з. — северо-запад, северо-западный (в указателе)
с. ш. — северной широты
см. — смотри
см — сантиметр
см^2 — квадратный сантиметр
см^3 — кубический сантиметр
ст. — статья
ст. ст. — по старому стилю
т — тонна массы
Т — тонна силы (вес)
тыс. — тысяча
ц — центнер массы
Ц — центнер силы (вес)
цв. рис. — цветной рисунок
цв. табл. — цветная таблица
экв. — экваториальный (в справочных таблицах)
ю. — юг, юга (в справочных таблицах)
ю.-в. — юго-восток, юго-восточный (в указателе)
южн. — южный
ю.-з. — юго-запад, юго-западный (в указателе)
ю. ш. — южной широты

Художественное оформление С. М. Пожарского

Черные карты выполнены Е. Я. МАРУСОВЫМ и А. Е. САЛИТАНОМ

Научный консультант и составитель карт — А. А. УЛЬЯНОВ

* * *

Редактор тома В. А. Касименко

Художественные редакторы тома

Л. В. Голубева, А. И. Мищенко и Н. С. Орлова

Художественно-технический редактор

Н. П. Самохвалова

Редактор-картограф

А. И. Недотко

Ответственные корректоры

Л. С. Квиль и В. Д. Ковалева

Сдано в набор 20 XII 1958 г. Подписано к печати 17/III 1959 г. Формат издания $84 \times 108^{1}/_{16}$ — 67,25 печ. л. — 63,34 усл.-печ. л. (66,37 уч.-изд. л.). Тираж 300 000 экз. А 03013. Издательство Академии педагогических наук РСФСР, редакция Детской энциклопедии. Адрес редакции: Москва, Чистые пруды, 6.

Цена 28 руб.

Текст с матриц Первой Образцовой типографии имени А. А. Жданова, цветные вклейки по высокой печати отпечатаны Ордена Ленина типографией газеты «Правда» имени И. В. Сталина и Московским полиграфкомбинатом, цветные вклейки и карты по офсетной печати на картографической фабрике имени Дунаева.

Московский городской Совнархоз. Полиграфический комбинат. Москва, Проспект Мира, 105.

Заказ 217.

2